

Techn.

24

su

Feck. 24^{su}

Libliothek

Tech. 24^{su}

ELEKTRICITÄT
UND
MAGNETISMUS
ALS
KOSMOTELLURISCHE KRÄFTE.

Ha

Von

Dr. Theodor Hoh

Professor der Physik am königl. Lyceum in Bamberg

WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

4349

Preis 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.

Die ausserordentlich grosse Anzahl von wichtigen Erfindungen der Neuzeit, denen die Anwendung der Elektrizität zu Grunde liegt, und die überraschenden Erfolge, welche in der Telegraphie, der Telephonie, der elektrischen Beleuchtung, der Galvanoplastik, der elektrischen Kraftübertragung, der Elektrolyse etc. während der letzten Jahre erzielt worden sind, zeigen, dass das Studium der Elektrizität in eine ganz neue Phase eingetreten ist und gegenwärtig einen vollständig veränderten Gesichtspunkt gewonnen hat.

Während früher die Elektrizitätslehre fast ausschliesslich den Physiker beschäftigte, ist heutzutage diese Wissenschaft in die Hände des Ingenieurs übergegangen, und die auf theoretischem und experimentellem Gebiete von den grossen Forschern unseres Jahrhunderts errungenen Resultate haben die Basis gelegt für einen neuen Zweig der angewendeten Physik, welcher an Bedeutung fast alle übrigen Zweige zu übertreffen scheint, nämlich die Elektro-Technik.

Noch vor wenigen Jahren glaubte das Publikum kaum an das Vorhandensein einer elektro-technischen Wissenschaft; die internationalen elektrischen Ausstellungen der letzten Jahre haben jedoch der Welt in glänzender Weise bewiesen, dass eine Elektro-Technik nicht nur vorhanden ist, sondern dass dieselbe auch bereits auf einer solchen Stufe der Entwicklung steht, dass Niemand mehr über die vielversprechende Zukunft derselben in Zweifel sein kann; mit jedem Tage wächst die Zahl der Erfindungen, die der Elektrizität immer weitere Kreise des menschlichen Lebens erschliessen, und wir stehen vor einer Aera, in der die Elektrizität die Führerrolle im gewerblichen und technischen Leben zu spielen berufen ist.

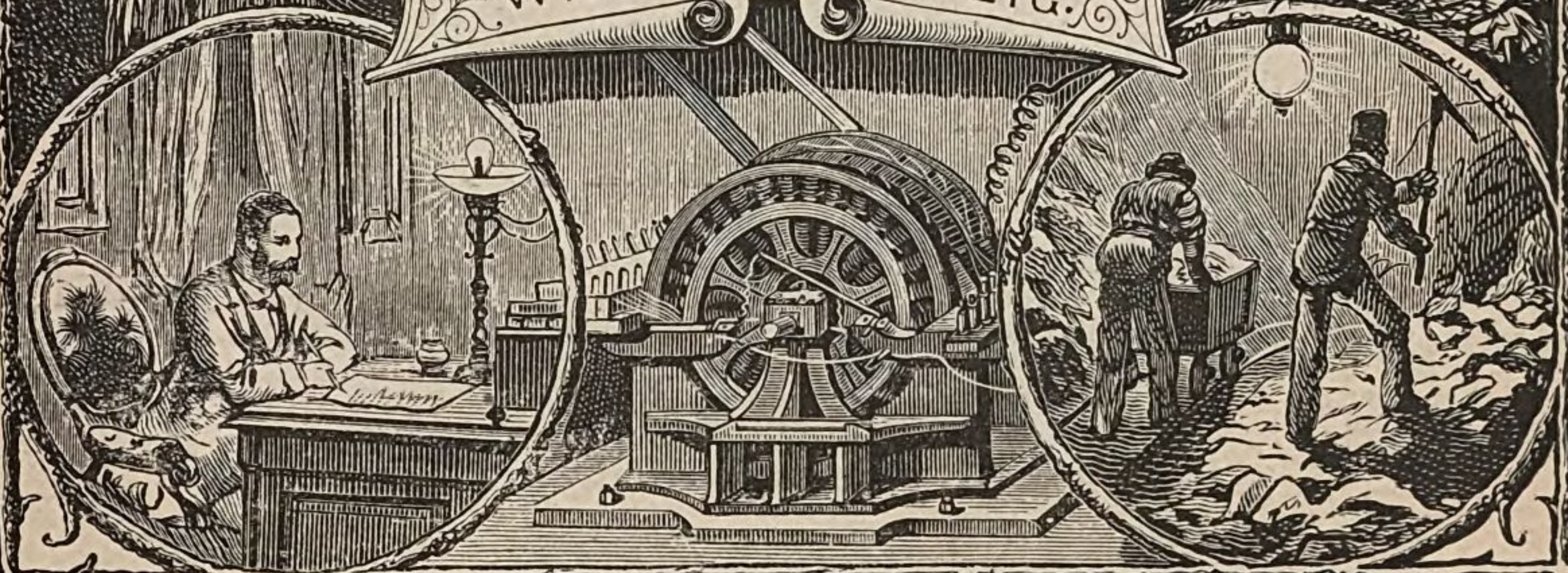
Um nun allen denen, die sich für Elektro-Technik interessiren, ihren praktischen Beruf oder die Uebersicht durch ein passendes literarisches Hilfsmittel zu erleichtern, hat die unterzeichnete Verlagsbuchhandlung sich entschlossen, eine Reihe von Handbüchern über angewendete Elektrizität zu veröffentlichen, welche von hervorragenden Fachmännern mit specieller Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis verfasst sind und sich in Plan und Ausführung an die von derselben Verlagshandlung herausgegebene »Chemisch-technische Bibliothek« anschliessen.

Elektro-technische BIBLIOTHEK.

XXXVII. BAND.

ELEKTRICITÄT
und
MAGNETISMUS
als
kosmotellurische Kräfte.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN • PEST • LEIPZIG.



A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reichillustrierten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.

Eleg. gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. Vierte Auflage. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. Zweite Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. Zweite Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermoelektrischen Stromquellen, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. Zweite Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. Zweite Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. Zweite Aufl. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Aufl. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. Zweite Aufl. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. — XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rudolf Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektricität und des Magnetismus, 1860 bis 1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektricität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlriz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von M. Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektricität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung der fabrikmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektrotechnik. Von Aug. Neumayer. — XXXIV. Band. Elektricität und Magnetismus im Alterthume. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus u. Hypnotismus. Von G. Gessmann. — XXXVI. Band. Die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten. Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Elektricität und Magnetismus als kosmo-tellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Hoh. etc.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

ELEKTRICITÄT
UND
MAGNETISMUS
ALS
KOSMOTELLURISCHE KRÄFTE.

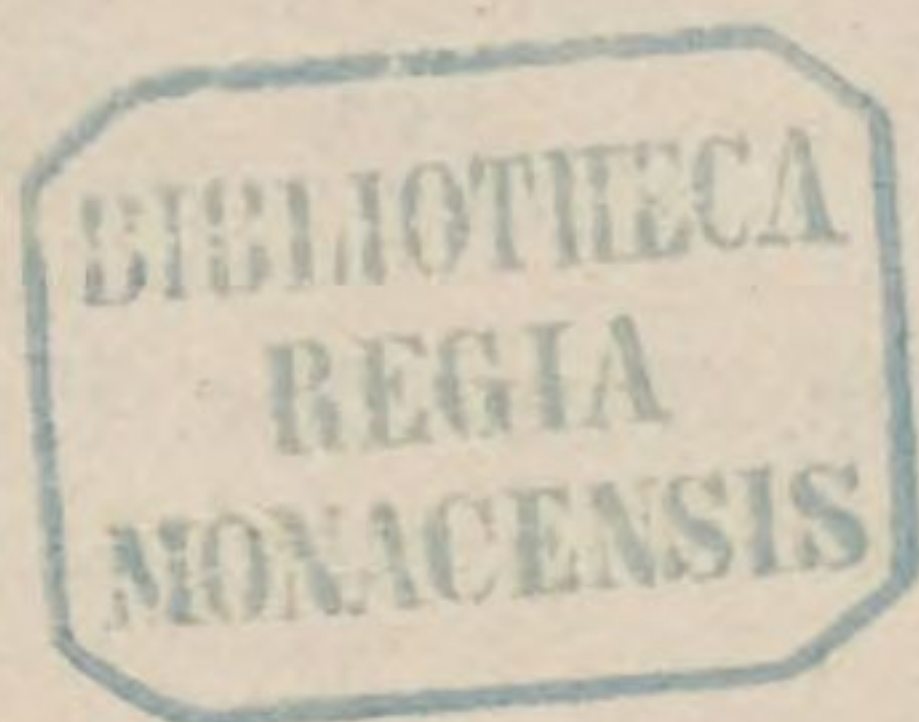
Von

Dr. Theodor Hoh

Professor der Physik am königl. Lyceum in Bamberg.



WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1887.



Alle Rechte vorbehalten.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Vorwort.

Die jüngste Zeit scheint geneigt, den Zusammenhang der Erde mit dem Weltraum oder den darin verstreuten Körpern zu beachten. Vergleichung periodischer Erscheinungen, welche von vorneherein einander nicht verwandt schienen, führte zunächst zur Vermuthung, dass an den Oberflächen weit abstehender, blos in der mechanischen Beziehung der Massen und Bewegungen befindlicher Himmelskörper Vorgänge verliefen, welche entweder sich gegenseitig auslösten oder aus einer gemeinsamen höheren Ursache stammten. Besonders sollten Elektricität und Magnetismus eine weit allgemeinere Rolle spielen, als bis dahin angenommen ward. Bei der universellen Bedeutung jener Kraft unter den physikalischen Erscheinungen an der Erde und dem immer mehr vertieften elektro-magnetischen Zusammenhang lag es nahe, auch räumlich den Wirkungskreis des noch ziemlich räthselhaften, doch unleugbar allerwärts mächtigen Naturwesens zu erweitern, zumal die Anlässe zu ihrer Entwicklung und Verbreitung reichlich genug im Weltraum vorhanden sind. Wenn wir der kosmischen Elektricität eine besondere Stelle im Naturgetriebe anweisen, so gestatten wir ihr ebensoviel und ebensowenig

Selbständigkeit wie der tellurischen, atmosphärischen, organischen Elektricität. Ueberall ist es die nämliche Kraft; blos Ort und Gelegenheit ihrer Erscheinung, wie Spielraum und Tragweite ihrer Wirksamkeit sind eigenthümlich. Das Wichtigste liegt stets in den Wechselbeziehungen. So hat die kosmische Elektricität für uns nur insoferne Bedeutung, als sie auf das irdische Leben Einfluss gewinnt; einerseits praktisch, indem jene Influenz höchst wichtige Phasen desselben hervorruft oder modificirt; andererseits theoretisch, weil hierbei aufs schönste erkannt wird, wie Mensch und Erde blos Etwas bedeuten, sofern sie als Glieder eines grösseren Systemes Geltung erhalten. Hier habe ich versucht die Spuren aufzufinden, in denen sich die tellurische Bethätigung der kosmischen Elektricität verräth. Dies ist der Fall in den magnetischen Eigenschaften der Erdrinde, den elektrischen Erscheinungen innerhalb der Atmosphäre, vielleicht auch den, allerdings auf sehr complicirtem Wege zu Stande kommenden, Rückwirkungen der Organismen gegen intra- wie extra-terrestrische Einflüsse. Letztere Frage, zur Zeit hypothetisch, bleibt der zukünftigen Erforschung überlassen. In beiden ersten Beziehungen verfolgte ich vornehmlich die geschichtliche Methode, habe jedoch stets an der Hand der Beobachtung und des Versuches oder der Rechnung den Erdmagnetismus nach den Erscheinungsformen der Declination, Neigung, Intensität, die Vertheilung elektrischer Ströme in der Erdrinde, die Spannung und Entladung der Elektricität in der Luft nebst ihren praktischen Folgen dargestellt und bei jeder Gelegenheit die etwaige Mitwirkung kosmischer Kräfte beachtet.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite		Seite
I. Magnetische Eigenschaften der Erdrinde		Elektrische Spannungsdifferenzen	29
1. Die Magnetnadel . . .	1	Die Vierpunktmethode und das Erdstrompotential .	31
Abweichung derselben . .	1	Elektrische Gürtel der Pole	32
Neigung derselben . . .	1	Erdstromperioden	33
Säculare Veränderungen .	2	Die Erdströme beim Gewitter	34
Periodische Schwankungen	2	Oertliche Ursachen der Erdströme	35
Irreguläre Störungen . . .	3	Unipolare tellurelektrische Induction	35
Magnetische Intensität . .	3	Inductionsströme der Erde	36
2. Der Erdmagnetismus	4	2. Elektrizität der Luft	37
Magnetische Vertheilung in, und Pole an der Erde .	4	Elektrische Eigenschaften der Atmosphäre	37
Magnetisches Potential der Erde	5	Elektr. Funken in der Luft	38
Höheneinfluss auf die magnetischen Erscheinungen	7	Elektr. Ladung in der Luft	39
Beobachtungen in der Tiefe	9	Qualität der elektrischen Luftladung	40
Magnetische Beziehungen zur Sonne	10	Spannungsphänomene der Luftelektricität	41
Magnetische Beziehungen zum Monde	12	Erfahrung auf der Cheops-pyramide	42
Magnetische Ungewitter .	13	Theorien der atmosphärischen Elektrizität	43
3. Das Nordlicht	14	Elektricität isolirter Luftmassen	45
Erscheinung der Polarlichte	14	Höchste Werthe der Luftelektricität	47
Höhenlage der Polarlichte .	19	Zusammenhang der Luftelektricität mit dem Wetter	47
Theorie der Polarlichte . .	22	Sonnenwärme und Wasserdampf als elektrische Ursachen	48
Dämmerungserscheinungen	24		
II. Tellurische Elektrizität			
1. Die elektrischen Erdströme	26		
Zusammenhang von Magnetismus und Elektrizität .	26		
Elektrische Ströme in der Erde	26		

	Seite		Seite
Elektrisirung abgeschlossener Luft	49	Beobachtungen des atmosphärischen Ozongehaltes	115
Beziehung der Wärme zur Lufterlektricität	53	5. Das Helenenfeuer	124
Palmieri's lufterlektrische Forschungen	53	Die Erscheinung	124
Lemström's lufterlektrische Forschungen	59	Bezeichnungen	125
Andries' und Jordan's lufterlektrische Forschungen	60	Einzelne Beobachtungen	127
3. Elektricität der Wolken	61	Ungewöhnliche Lichtphänomene in der Luft	133
Die Wolken als Sammelstellen der Elektricität	61	Meteore	135
Dellmann's Untersuchungen	63	6. Blitz und Donner	137
Wasserdampf - Verdichtung als Gewitterursache	65	Erklärung des Blitzes	137
Ladung der Wolken mit Lufterlektricität	66	Arten des Blitzes	140
Einfluss d. Insolationswärme	67	Photographien des Blitzes	142
Die Wolken als elektrische Leiter	67	Alternirende Entladungen	145
Elektricitätsbildung durch Hagel	68	Besondere Erscheinungen	147
Sonneninfluenz	69	Wetterleuchten	149
Verdampfung des Wassers	70	Kugelblitze	151
Versuche darüber durch Tait	72	Wirkungen des Blitzes	157
Zusammenstoß von Wasser- und Luftmolekülen	73	Verhalten der Blitze gegen Telegraphenleitungen	164
Die Gewitterwolke als selbstständig wirksamer Dupli- cator	73	Blitzröhren	166
Atmosphärisch - elektrisches Potential	77	Blitzspectra	176
Reibung zwischen Eisnadeln und Luftfeuchtigkeit	81	Der Donner	183
Sohncke's Gewitterstudien	82	Blitze ohne Donner	186
Luvini's Berichtigungen	86	Donner ohne Blitze	189
Höhe der Gewitterwolken	88	7. Verbreitung und Bedeutung der Gewitter	190
4. Das Ozon	89	Zeiten ihres Auftrittes	190
Früheste Beobachtungen	89	Tägliche Periode mitteleuropäischer Gewitter	193
Dessen Geruch und Farben- reaction	90	Wintergewitter	194
Dessen chemische Beschaffenheit	90	Jahreszeitliche Gewitterperioden	196
Allotropien des Sauerstoffes	93	Topographie der Gewitter	198
Ozongehalt der Atmosphäre	98	Gewitterkunde Italiens	201
Organische Bedeutung des Ozons	106	Sonstige Gewitterstudien in Europa	209
		Gewitter in Nordamerika	217
		Statistik der Blitze	219
		Dem Gewitter verbundene meteorische Vorgänge	225
		Der Hagel	231
		Hygienische Bedeutung der Gewitter	240
		III. Kosmische Elektricität	
		Elektrische Solarströme	242
		Die Elektricität im Weltraum	244
		Schlusswort	256

I. Magnetische Eigenschaften der Erdrinde.

1. Die Magnetnadel.

1. Die bestimmte Richtung der freischwebenden Magnetnadel zwischen gewissen Himmelsgegenden ist eine uralte Kenntniss; in ihrem geschichtlichen Anfang höchstens für einzelne Länder, nicht aber im Allgemeinen nachweisbar. Auch die Anwendung dieser Erscheinung in der Schifffahrt geht auf Jahrtausende vor gegenwärtiger Cultur zurück. Innerhalb der Grenzen letzterer sind natürlich die ersten Spuren wissenschaftlicher Erforschung der Sache aufzufinden. Zunächst handelte es sich um genaue Bestimmung des wirklichen Meridians, der Lage und deren Ausdauer oder Veränderlichkeit. Die Abweichung der Nadel vom reinen N-Punkt war zur Zeit der Entdeckung Amerikas wahrscheinlich schon bekannt, nach Sinn und Grösse schärfer untersucht wohl erst 1530—40.¹⁾ Die damals festgestellten Veränderungen der Declination wurden als in zeitlicher Regelmässigkeit verlaufend 1635 von Gellibrand²⁾ erkannt.

2. Eine zweite Erscheinung an der ganz freibeweglichen Nadel besteht darin, dass sie ihre nördliche Hälfte

¹⁾ Lamont, Geschichte des Erdmagnetismus. Stuttgart 1851. S. 250.

²⁾ A discourse math. on the variation of the magnet. needle etc. London.

in unseren Gegenden zur Erde neigt; zuerst beobachtet oder wenigstens beschrieben durch Gg. Hartmann in Nürnberg,¹⁾ strenger an besonderen Instrumenten verfolgt 1576 von Norman,²⁾ schon 1668 in Bond's zu London herausgegebenen Tafeln auf ein halbes Säculum vorausberechnet.

3. Langer sorgfältiger Beobachtungen bedurfte es, um reguläre Veränderungen der Declination wie Inclination zu erkennen, weil dieselben einen höchst langsamen Verlauf haben und deshalb mit Recht als säculare bezeichnet werden. Man hat sie zuerst am besten in Paris verfolgt und notirt. 1580 östlich $11^{\circ} 30'$ betragend, ging die Declination 1663 durch Null, erreichte 1814 das westliche Maximum $22^{\circ} 34'$ und war 1852 auf $20^{\circ} 20'$ zurückgegangen. In München fand Lamont die Declination 1841: $16^{\circ} 57.5'$ w., 1844: $16^{\circ} 37.1'$, 1847: $16^{\circ} 17.4'$, 1850: $15^{\circ} 49.4'$. Die Inclination am nämlichen Orte in denselben Jahren beziehentlich $65^{\circ} 22'$, $65^{\circ} 14.5'$, $65^{\circ} 7'$, $64^{\circ} 59.5'$. Ich mass 1886 im Mai zu Bamberg ($49^{\circ} 54'$ n. Br., 43 Min. 34 Sec. öst. L. v. Greenwich) die Declination zu $14^{\circ} 41'$, Inclination $63^{\circ} 7'$.

4. Schneller periodisch einherschreitende Schwankungen der Nadel sah zuerst 1683 P. Tachard in Siam;³⁾ schärfer studirte sie Graham 1722,⁴⁾ Celsius und Hiorter 1749, vornehmlich aber Gauss in Göttingen.⁵⁾ In der Regel erreicht die Nadel Früh 8 Uhr den östlichsten, gegen 2^h den westlichsten Stand, deren Amplitude durchschnittlich im April am grössten ($13.9'$) im December am kleinsten ($5.0'$) ist. Sie sind in den Polargegenden am stärksten, verschwinden am magnetischen Aequator

¹⁾ Geb. 1489 in Egolsheim, gest. 1564 als Vicar an S. Sebald.

²⁾ The new attractive. London 1580.

³⁾ Voyage de Siam des Pères Jésuites etc. 4^o. Paris 1689.

⁴⁾ Obs. made on the variation of the horiz. needle. London 1722.

⁵⁾ Resultate d. magnet. Vereines seit 1838.

fast ganz und verlaufen auf N- und S-Hemisphäre im entgegengesetzten Sinne. Aehnliche Veränderungen der Inclination erlangen ihre Extreme meist um 10^h a. und p. m.

5. Viel grösser, aber ungleichförmig, oft plötzlich erscheinen aperiodische Störungen der Magnetnadel, welche am stärksten und deutlichsten bei Polarlichtern und Erdbeben auftreten. Wissenschaftliche Verfolgung fanden diese gewiss sehr frühe bei vereinzeltten Gelegenheiten kennen gelerntten Ereignisse kaum vor 1828, mit welchem Jahre die stündlichen Beobachtungen über die magnetischen Elemente in Berlin, Freiberg, Kasan, Nikolajew begannen, welche der Einfluss A. v. Humboldt's anregte. Zehn Jahre später reihen sich daran die magnetischen Vereine, vornehmlich unter der trefflichen Leitung von Gauss'.

6. Die Bewegungen der Magnetnadel sind der Ausdruck tieferer Beziehungen zur Erde, deren Gesamtergebniss als magnetische Intensität bezeichnet wird. Um diese zu bestimmen, beobachtet man die Ablenkung einer Declinationsnadel durch einen genäherten Magnetstab und die Schwingungen unter möglichst reinem Einfluss der Erde. Geschehen diese nur in wagrechter Richtung, so erhält man die Horizontalintensität, von welcher 1819 Hansteen¹⁾ zeigte, dass ihr kleinster Werth in der Tagesperiode auf 10^h Früh, ihr grösster auf 4—5^h Abend falle, was in der Hauptsache die genaueren Untersuchungen von Christie²⁾ bestätigten. Die magnetische Totalkraft kommt blos bei Mitberücksichtigung der Inclination zu richtiger Anschauung. Die auf wenige Minuten im Tage beschränkten Schwankungen letzterer erkannte man erst mittelst Kupffer's³⁾ Einstellungsart.

¹⁾ Ueber d. Erdmagnetism. Christiania 1819. Mit Atlas. 4^o.

²⁾ An. d. Physik (73) 1823, XIII, 42—58.

³⁾ An. d. Physik (86) 1827, X, 545—562.

Unter Mitbeachtung der Schwingungsdauer wurde eine tägliche, zwischen einem Abendmaximum und Morgenminimum einhergehende Periode der Totalintensität festgestellt.

2. Der Erdmagnetismus.

7. Die bis dahin betrachteten Erscheinungen weisen bei aller Vielfachheit auf eine gemeinsame Beziehung zur Erde hin. Schon Gilbert,¹⁾ einer der frühesten Theoretiker des Magnetismus, fühlt das Bedürfniss, nach einer den magnetischen Thatsachen zu Grunde liegenden Ursache zu forschen. Mit seinen seltsamen Aeusserungen über „primäre, radicale, astrale Formen der homogenen Magnelemente“ (lib. II) scheint er selbst nicht befriedigt; denn er warnt in lib. IV vor der Volksmeinung von Magnetbergen und hält die Erde für einen magnetischen Körper von der Kugelgestalt so weit abweichend, dass die Verschiedenheiten der Nadelbewegungen daraus folgten. Die Gesetze der Polarität sind ihm wohl bekannt. Er bezeichnet die magnetische Ladung der von uns bewohnten Erdhälfte als „nördlichen Magnetismus“ und consequent die dem irdischen N-Pol zugekehrte Spitze der Nadel als deren S-Ende. Mit Lamont²⁾ mag man wünschen, dass diese Ausdruckweise angenommen worden wäre, weil die jetzt herrschende dem Wortlaut der Anziehungs- und Abstossungsregeln widerspricht. Die Annahme Gilbert's von zwei magnetischen Erdpolen wird von Bond³⁾ getheilt, und später durch Euler⁴⁾

¹⁾ De magnete, magneticisque corporibus et de magno magnete Tellure. 4^o. London 1600.

²⁾ Astronomie u. Erdmagnetism. Stuttgart 1851. S. 250.

³⁾ The Variations of the magnetic needle etc. Phil. Transact. 1668.

⁴⁾ Mémoires de Berlin 1757.

wenigstens rücksichtlich der Declinationserscheinungen für ausreichend erklärt. Weil aber auch der Inclination und magnetischen Intensität Genüge zu leisten ist, entsprach dem damaligen Stande der Kenntnisse besser Halley's Theorie,¹⁾ dass die Erde vier magnetische Pole besitze, je zwei in N und S, welche innerhalb 700 Jahren die geographischen Enden der Rotationsachse umkreisen und hiermit die Periodicität der magnetischen Erscheinungen veranlassen. Diese sind indess so vielfältig und verwickelt, dass mit jener Hypothese nur angenäherte Lösung möglich ist.

8. Der Anfang exacter praktischer Untersuchung und theoretischer Erklärung kann auf 1833 verlegt werden. Um diese Zeit begann Gauss in Göttingen jene mustergiltigen Forschungen, welche ebenso sehr durch ihre scharfen Ergebnisse als durch Einfluss auf weitverbreitete andere Arbeiten für die Wissenschaft von höchster Bedeutung wurden. In erster Linie erwuchs die Erkenntniss, dass man es weder mit einem festen Bestande von Erfahrungsthatfachen, noch mit einem streng regelmässig in der Zeit wechselnden Verlauf der letzteren zu thun hat, sondern dass das Charakteristische der magnetischen Erscheinungen in ihrem unaufhörlichen, dem Sinne wie dem Betrage nach vielfach modificirten Wechsel liegt. Daraus fliesst als zweites Moment der neueren Auffassung, dass statt irgendwelcher bestenfalls immer nur einer bestimmten Phase der beobachteten Zustände entsprechenden Annahme einer dauernd gestalteten magnetischen Ladung und Vertheilung in oder an der Erde gefragt werden muss, wie jeder Zeit die magnetoelektrische Gesamtanlage des Planeten beschaffen sein soll, um die Erfahrungsthatfachen des

¹⁾ Theory of the Variation of the magnet. compass etc. Phil. Transact. 1683, 1692.

Augenblickes daraus herleiten zu können. Zu diesem Zweck musste der möglichst vollständige Thatbestand übersichtlich dargelegt werden, am besten wohl an geographisch projecirten Liniensystemen, deren Curven die mit gleichen magnetischen Momenten behafteten Orte verbinden. Die bereits eingebürgerten Isogonen, Isoklinen, Isodynamen für Abweichung, Neigung und Intensität waren zu ergänzen durch die Aequivalentcurven des magnetischen Potentials. Dessen mathematischer Ausdruck wird zusammengesetzt aus Constanten, welche von Anordnung und Ladung der magnetischen Erdpunkte abhängen, und aus Variablen, welche mit der geographischen Situation des betrachteten Oberflächenortes wechseln. Das magnetische Potential eines Ortes ist gegeben im Anziehungsdruck zwischen Erdmagnetismus und localer Ladung von dieser Bestimmung: Von einem Prisma mit der Grundfläche eines Quadratmillimeters der mit Nordmagnetismus gesättigten Erdoberfläche und der senkrecht darüber erstreckten Höhe bis zur merklichen Grenze des erdmagnetischen Einflusses gilt jedes Kubikmillimeter als Einheitsmass der magnetischen Beziehungen. Zu den Potentialcurven steht die Declinationsnadel senkrecht. Die Horizontalintensität ist proportional der Dichte jenes Linienverlaufes, wenn je zwei Nächste gleichen Unterschieden des Potentials entsprechen. Aus der Horizontalintensität¹⁾ folgt die westliche wie nördliche Componente; die Verticalintensität aus dem Potentiale selber, wonach schliesslich Grösse und Richtung der Totalintensität erhalten wird. Werden die mathematischen Formeln der mehr umfangreichen als schweren Berechnungen bis zu den Biquadraten der mit Breite und Länge veränderlichen Grössen fortgesetzt, so müssen 24 Con-

¹⁾ Wild, Ueber d. Genauigkeit abs. Bestimmgn. d. Horizontalintensität d. Erdmagnetism. Repertor. f. Meteorologie, VIII, 7.

stante der magnetischen Vertheilung durch Combination der empirischen Ergebnisse ebensovieler Beobachtungsreihen bestimmt werden. Wenn zu wenige oder nicht nahe genug benachbarte Stationen vorliegen, sollten die Untersuchungen sogar vermehrt werden. Die wichtigsten und besten Mittelwerthe für jeden Coëfficienten werden durch Behandlung der wirklich gefundenen Zahlen nach der Methode der kleinsten Quadrate hergestellt. Der analytische Ausdruck für Stärke und Richtung der magnetischen Kraft sagt nichts aus über das Wesen derselben, ja lässt sogar ihren physischen Sitz unentschieden. Nur so viel dürfte für letzteren feststehen, dass er nicht oberflächlich liegt, sondern in der Tiefe mit höchst vielfach vertheilter, nicht sehr gleichmässiger Anordnung, für deren annähernde Sicherstellung normaler Stand oder Gang der Erscheinungen und Anomalien zu scheiden sind. Lamont¹⁾ vergleicht die Erde oder vielmehr ihren magnetischen Theil einer um die Polarachse rotirenden magnetisirten Stahlkugel. Die geographisch dislocirte Lage der Pole bedingt die erste Reihe der magnetischen Abweichungen. Zwei weitere werden dadurch veranlasst, dass auf der südlichen Erdhälfte der Magnetismus stärker entwickelt ist als an der Nordhemisphäre, und dass die magnetische Intensität auf den einzelnen Meridianen wechselt. Einen höchst auffälligen Ausdruck empfängt endlich die unregelmässige magnetische Vertheilung im unharmonischen Zusammenhange der Inclination und Intensität.

9. Hinsichtlich des Höheneinflusses auf die Tagesschwankungen der Declination fand A. v. Humboldt 1799—1806 an den Bergen der Andes und Alpen, des Altai und Ural die erdmagnetische Kraft mit steigender Erhebung sinken. Dies bestätigten Kupffer im Kaukasus,

¹⁾ Astronomie u. Erdmagnetism. Stuttgart 1851. S. 261.

Forbes in den Alpen, Bravais und Martin auf Montblanc, wie Faulhorn. Die Unterschiede der Horizontalintensität sind im letzteren Falle sehr klein; nämlich nach Lamont's Berechnung der von Bravais erhaltenen Werthe für Thun (560 *m*) 1.9608, Faulhorn (2680 *m*) 1.9587, Chamounix (1050 *m*) 1.9780, Montblanc (4800 *m*) 1.9732. Dagegen wurden am Gotthardt, in Airolo, Goeschenen, Altdorf gegentheilige, und durch Hartl in den österreichischen Alpen keine entscheidenden Resultate der magnetischen Aenderung erhalten. Gauss nimmt die magnetischen Elemente in der sphäroidischen Erde vom Mittelpunkt gegen die Oberfläche so vertheilt an, dass zwischen den magnetischen Potentialen V und v zweier um h senkrecht übereinander gelagerter Schichten, dem Erdhalbmesser R und der Horizontalintensität H die Relation besteht $\delta H/H = -h/R (dv/dV)$. Erscheint für kleine Niveaudifferenzen $dv/dV = 1$, $H = 2$, mittleren Breiten entsprechend, so wird die Abnahme der Horizontal-Intensität $\delta H = (-1000/6000000) \times 2 = -1/3000$ für 1000 *m* Erhebung oder bei möglichst günstiger Sachlage und Berücksichtigung aller Nebenumstände höchstens 0.001. Den Gang der Tagesschwankung in verschiedenen Höhen verfolgte in jüngster Zeit H. Dr. Maurer¹⁾ mittelst zweier Unifilarvariations-Declinatorien, deren eines auf dem 2465 *m* hohen Saentis in einer unter Schnee vergrabenen Holzhütte, das andere 465 *m* hoch im physikalischen Laboratorium des Züricher Polytechnicums aufgestellt war. Oben wurde stündlich von 7^{*h*} a. bis 9^{*h*} p. m., 25. September bis 13. October und 1. November 1884 bis 8. Januar 1885; unten um 8^{*h*} a., 11^{*h*} a., 2, 5, 8^{*h*} p. m. vom 27. September bis 13. October 1884 beobachtet. Zudem standen die November- wie Decembermonatmittel der Aufzeichnungen des Magnetographen Adie auf der

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 180—185.

Hohen Warte bei Wien verfügbar. Aus den Tabellen folgt, dass die Amplitude der täglichen Abweichungsvariation auf dem Saentis um circa 30 Secunden grösser ist als in Zürich, dagegen die Maxima und Minima der westlichen wie östlichen Elongation oder die Zeitpunkte der Wendungen beidemal ganz übereinstimmen. Eine Verfrühung dieser Momente auf Höhen hatte vor 30 Jahren Allan Brown behauptet. Seine am Sir Brisbane's Observatorium zu Schottisch-Makerstown angestellten Beobachtungen beschränken sich auf den Sommer; vielleicht doch unwahrscheinlich finden in den fraglichen Verhältnissen jahreszeitliche Unterschiede statt. Derselbe Forscher¹⁾ fand dort wie zu Trevandrum, Singapore und Hobarttown gleichzeitige Veränderungen des nämlichen Sinnes in der auch den Mittelwerthen nach wenig differirenden Horizontalkraft des Erdmagnetismus und schloss hieraus auf Uebereinstimmung der magnetischen Variationen, wenig abhängig von der Oertlichkeit und deshalb wohl auf ausserhalb der Erde liegende Ursachen beziehbar.

10. Eine wünschenswerthe Ergänzung der vorigen Frage bildet die Forschung H. Liznar's²⁾ über die Variation der erdmagnetischen Elemente in der Tiefe. Der Adalbertschacht des Příbramer Silberbergwerkes in Oesterreich wurde zur Anbringung zweier übereinstimmender Apparate benützt im obertagliegenden Locale der Bergwerksdirection und bei 1000 *m* Tiefe. Die bisherigen Beobachtungen berechtigen kaum zu allgemeinen Schlüssen, weil wegen anderweitamtlicher Beschäftigung des mit jenen betrauten Herrn Markscheider Schmid die stetige Regelmässigkeit fehlt. Die bis dahin gefundenen Resultate sprechen nicht für wesentliche Differenzen oben

¹⁾ Transact. Roy. Soc. of Edinburgh. XXII, 3.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie.

und unten, denn dieselben bewegen sich zwischen $+ 0.37$ und $- 0.27$, vielleicht begründet in Ungleichzeitigkeit der Ablesungen an den Instrumenten.

11. Einen Zusammenhang der magnetischen Variationen mit Zuständen der Sonnenoberfläche, welchen jüngst wieder Herr Wild zu Pawlosk¹⁾ in der an die Pariser Akademie der Wissenschaften mitgetheilten Beobachtung so präcisirt, „dass die Protuberanzen der Sonne Störungen an der Magnetnadel erzeugten“, vermuthete schon Balfour Stewart.²⁾ Für fünftägige Gruppen, deren Mitteltag ein relatives Maximum oder Minimum der Horizontalintensität besitzt, sind Durchschnittswerthe berechnet und mit der jeweiligen Fleckenbedeckung der Sonne, in Milliontel der sichtbaren Oberfläche ausgedrückt, verglichen. Aus der Tabelle scheint zu fließen, dass magnetische Horizontalintensität und Anzahl der Sonnenflecken in gleichem Sinne miteinander zu-, wie abnehmen, und zwar im bezüglichen Zahlenverhältniss der Differenzen 0.00016 und 0.000051 . Herr Garibaldi³⁾ vergleicht die zu Genua aufgezeichneten Tagesänderungen der magnetischen Declination mit Tacchini's Beobachtung der Sonnenflecken 1877—1884, und findet eine so grosse Uebereinstimmung, dass aus der Abweichung der Magnetnadel der desfallsige Zustand der Sonne herleitbar sei. (?) Tacchini⁴⁾ selbst bringt die Extremphänomene der Sonnenflecken mit denen der Protuberanzen in Verbindung und beide mit Schiaparelli's Angaben über Amplituden täglicher Declinationsschwankungen. Die Elektrizität, welche höchst wahrscheinlich bei den Protuberanzen

¹⁾ Die Natur. Halle 1886. XXXV, 275.

²⁾ On the Connection between the state of the Sun's Surface and the Horizontal Intensity of the Earth's Magnetism. Proceed. Roy. Soc. XXXIV, 406.

³⁾ Nature. 28. V, 1885.

⁴⁾ Accademia dei Lincei. Roma, 1, III, 1885.

eine mächtige Rolle spiele, verbreite sich im Weltraum weit und schnell genug, um gleichzeitig die Erde in magnetische Störungen zu stürzen. Jedenfalls handelt es sich um sehr lange Perioden. Doch will schon aus siebenjährigem, am photographisch registrirenden Magnetometer gewonnenen Materiale Herr J. Liznar¹⁾ zunächst eine jahreszeitliche Beziehung zur Sonne erkennen. Die tägliche Schwankung der Nadel ist im Sommer grösser als zur Winterszeit und erreicht das Maximum beim Sommer-, das Minimum beim Wintersolstitium. Im Tagesverlauf zeigt die magnetische Declination während der warmen Jahreszeit blos ein Maximum und Minimum, während der kalten je zwei, deren Eintritte verschieden sind. Im Jahresverlauf erscheint die sommerliche Declination mehr westlich, die winterliche mehr östlich, doch nur mit einer Amplitude von 0·2—0·6 Min. Die magnetischen Störungen treten zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima intensiver auf, als bei den Minimis letzterer. Im Uebrigen zeigen die östlichen Störungen zwei Maxima zur Sonnenculmination und zwar im Sommer zur Zeit der oberen, im Winter zur Zeit der unteren Culminirung des täglichen Umlaufes, während Maxima und Minima des jährlichen Ganges beziehlich den Aequinoctien und Solstitien entsprechen. Die Abhängigkeit der Störungen von der Beschaffenheit der Sonnenoberfläche geht für sieben Jahre aus den beigesetzten Zahlenwerthen jener hervor: 1878: 0·62 (Min.), 1880: 0·79, 1881: 0·96, 1882: 1·22 (Max.), 1883: 0·99, 1884: 0·91. Für 1. Juli 1882 bis 31. December 1883 wurden die Mittel der westlichen wie östlichen Störungen berechnet und nach Hornstein's²⁾ Methode behandelt. Es ergab sich eine 26tägige Periode; genauer für die östlichen Magnetschwankungen $26·054^d$,

¹⁾ Sitzgsber. d. kais. Akad. d. W. Wien. XCI.

²⁾ Kais. Akad. d. W. LXVII, 414.

die westlichen 25.947 . Da auch auf anderen Wegen die 26 Tage betragende synodische Rotationsdauer der Sonne als richtig sich herausstellt, darf wohl „eine innige Beziehung zwischen den Bewegungen der Magnetnadel zur Stellung der Sonne und Beschaffenheit ihrer Oberfläche“ erschlossen werden.

12. Kosmische Thatsachen überhaupt wurden schon früher zum Erdmagnetismus in Bezug gebracht. Hansteen schloss aus in den ersten Decennien dieses Jahrhunderts zu Christiania angestellten Beobachtungen der Horizontalintensität, dass eine Periode von 19 Jahren in ihrem Verlaufe grosse Uebereinstimmung zeige mit den Bewegungen der Mondknoten oder der vom Monde hervorgebrachten Schwankung der Erdachse. Kreil¹⁾ kam zur Ansicht, dass der Einfluss, welchen die Lichtphasen oder verschiedenen Erdbstände des Mondes auf die Abweichung der Magnetnadel üben könnten, unter anderen Störungen völlig verschwinde. Höchstens habe sich jene um $6.8''$ grösser herausgestellt bei der nördlichsten Lage des Mondes, als wenn er südlichst vom Aequator stehe. Liznar²⁾ berechnete die westlichen wie östlichen Störungsmittel der Magnetnadel für jeden Tag von Juli 1882 bis December 1884, dann Mittelwerthe für dreitägige Gruppen, in deren Mitte dem Monde die Position der Erdnähe oder -Ferne zukam. In jener wurden die Abweichungen gefunden 1.189 östlich, 1.026 westlich; in dieser beziehentlich 0.991 und 0.846 , also im letzteren Falle 0.198 und 0.180 kleiner. Phasen und Declination des Mondes wurden in der Weise berücksichtigt, dass dreitägige Durchschnitte berechnet werden, deren Mitteltag mit dem Eintritt einer bestimmten Phase oder der Maximaldeclination des Mondes gegen Norden oder Süden zusammenfällt. Der

¹⁾ Kais. Akad. d. W. III. (Wien, Denkschriften.)

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 330—331.

grösste Werth sowohl der westlichen (1.034) als östlichen (1.152) Störung fiel auf den Vollmond; der kleinste dort (0.893) auf Neulicht hier (0.968) aufs erste Viertel. Sowohl westliche (1.005) als östliche (1.133) Störungen erschienen am stärksten bei Aequatorialstellung des Mondes, am kleinsten bei grösster nördlicher Declination (0.913, 0.989; bei südlicher Maximaldeclination: 0.921, 1.124). Dies würde einen Zusammenhang zwischen Mond und Erdmagnetismus begründen, welcher bis dahin bloss für die Periode des Mondtages zulässig erschien.

13. Weit den gewöhnlichen Betrag der regulären, in längeren Perioden eingeschlossenen Variationen überschreiten die unregelmässigen, oft ganz plötzlich auftretenden Schwankungen der Magnetnadel, welche als magnetische Ungewitter bezeichnet werden können. Sie erscheinen bei starken Polarlichtern und Erdbeben, wenn letztere auch von schwächerer Art und in der Oertlichkeit weit entfernt sind. Lamont constatirte bedeutende magnetische Abweichungen zu München, als in Griechenland Erdstösse empfunden wurden und glaubt, dass zwischen beiderlei Erscheinungen ein gegenseitige Ableitung ermöglichender Zusammenhang bestehe. Besonders lehrreich erscheint die Untersuchung, welche Herr Wild¹⁾ der vom 30. Januar bis 1. Februar 1881 stattgehabten magnetischen Störung widmete und zur Gewinnung theoretischer Schlüsse mit derjenigen zwischen 11. und 14. August 1880 verglich. Jene Störung begann und endete in Toronto, Stonyhurst, Kew, Lissabon, Coimbra, Utrecht, Brüssel, Wien, Zikawei, Bombay, Melbourne zur nämlichen Zeit, in Mitte derselben das Maximum erreichend, simultan mit stärkster Entwicklung des Nordlichtes und elektrischer Ströme in der Erde. Der Verlauf der Declinationscurven ist bloss an Stationen mit

¹⁾ Mém. de l'acad. imp. des sc. de St. Petersbourg (7.) XXX, 3.

kleiner Längen- und Breitendifferenz übereinstimmend, an ferner liegenden vielfach abweichend und auf der Südhemisphäre entgegengesetzte Bewegungen andeutend. Declination und Totalkraft waren erheblichst gestört; die Inclination weniger. Eintrittzeiten der Extreme und Amplituden wechseln mit den Orten; diese sind um so grösser, je näher man dem den Pol umgebenden Polarlichtkranze kommt. Vielleicht sind alle magnetischen Störungen bloß Verschiebungen, indem der gesammte Erdmagnetismus nicht verändert wird, sondern nur an einer Stelle Vergrößerung, an anderer compensirende Verkleinerung seiner Thätigkeit eintritt. Die Annahme eines verlegten Actionsherdes anstatt absolut vermehrter Action findet Unterstützung in Tromholt's Forschungen über Periodicität der Polarlichter.

3. Das Nordlicht.

14. „Die prachtvolle Erscheinung des farbigen Polarlichtes ist der Act der Entladung, das Ende eines magnetischen Ungewitters, wie in dem elektrischen Ungewitter ebenfalls eine Lichtentwicklung, der Blitz, die Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichtes in der Vertheilung der Elektrizität bezeichnet. Das elektrische Gewitter ist gewöhnlich auf einen kleinen Raum eingeschränkt und ausserhalb desselben bleibt der Zustand der Luftelektrizität ungeändert. Das magnetische Ungewitter dagegen offenbart seine Wirkung auf den Gang der Nadel über grosse Theile der Continente.“¹⁾ Diese Ansicht dürfte zwar gegenwärtig keine wörtliche Geltung mehr beanspruchen, doch immerhin wichtig genug erscheinen, um an dieser Stelle die Besprechung des genannten Gegenstandes zu rechtfertigen. Eine be-

¹⁾ A. v. Humboldt, Kosmos. Stuttgart 1845. S. 198.

friedigende Schilderung des Polarlichtes ist unmöglich. Selbst der Maler kann von der gewaltigen Erscheinung bloß eine oder die andere Phase geben, während der zauberhafteste Reiz gerade im Wechsel und Uebergang der lebensvollen Scenen besteht. Argelander erwähnt aus seinen Beobachtungen in Abo als einleitend ein düsteres Ansehen des Himmels am nördlichen Horizont. Daraus hebt sich allmählich ein dunkles Segment ab, gleich einer im Bogen begrenzten Wolkenbank, in sehr hohen Breiten bis zur Unmerklichkeit zurückgehend. Ein auswärts herumgelegter weisser Lichtsaum theilt sich bald in mehrere helle Bogen und sendet farbige Strahlen aus. Die concentrischen Lichtbogen bleiben stundenlang sichtbar, doch nie ganz ruhig, sondern in fluthendem Lichte bewegt, welches oft plötzlich an einzelnen Stellen centrifugal über die äussere Abrundung hinausstrahlt, in Länge und Farbe vielfach wechselnd, häufig sich windend gleich einem im Sturme flatternden Bande. In anderen Fällen bleiben die Strahlen so kurz, dass der convexe Rand des Lichtbogens gezähnt erscheint. Bei der stärksten Entwicklung dagegen schiessen sie weit über den Zenith hinaus, und treten südöstlich davon zu einer Krone zusammen, deren Centrum den Punkt des Himmels bezeichnet, nach welchem die im magnetischen Meridian schwebende Inclinationsnadel zeigt. Mehr oder weniger genaue Beschreibungen besonderer Fälle geben unter Anderen Biot von den Shetlandinseln (7. August 1817), Bessel in Königsberg (18. October 1836), Lottin zu Bossekop (im Winter 1838—39; an 206 Tagen erschienen unterm 70° n. Br. 143 Polarlichter, wovon 46 in die lange Nacht vom 17. November bis 25. Januar fielen). Zu den gediegensten gehören v. Nordenskiöld's Polarlichtbeobachtungen.¹⁾ Die Erscheinungen waren allerdings

¹⁾ Vega Expeditionen Vetenskapliga Arbeten. I, 401—452. The Nature, 1882. XXV, 319—321, 368—372.

meist schwach und wenig imponirend, aber gerade ihre Einfachheit und Regelmässigkeit gestatteten eingehende, zu Schlussfolgerungen befähigende Forschungen. Eine Abbildung giebt den schmalen flachen, an zwei Punkten des Horizontes unter etwa 23^0 aufstehenden Lichtbogen, welchen man von der Vega aus gewöhnlich sah. An der äusseren Grenze des auffallend ruhigen Phänomens verminderte sich die Helligkeit ganz allmählich; nur zeitweise reihten sich daran mehr oder weniger leuchtende Parallelbogen, mit zwischenliegenden dunklen Streifen, über welche zuweilen verbindende Lichtwellen flutheten. Am inneren Rande war der Gegensatz von Hell und Dunkel so kräftig entwickelt, dass das schwarze Segment deutlich hervortrat. Dasselbe ist weder völlig lichtlos, noch ganz durchsichtig, obschon viele Sterne durchleuchten, und möchte wohl ein niedrig lagernder Frostnebel sein, wie sie in Märznächten oft nahe den Schiffen gesehen wurden. Die gelbgrüne Linie des Nordlichtspectrums war verbunden mit blaugrauem Lichtschimmer am violetten Ende. Ueber das Wesen der Erscheinung spricht sich der berühmte Polarfahrer folgendermassen aus: Unser Globus ist umgeben von einer constanten Lichtkrone, einfach, doppelt oder mehrfaltig, deren Innenrand zuweilen, wie im Winter 1878—79, ziemlich hoch über den Horizont heraufgeht, in der Regel aber nur in fast unbewohnten arktischen Regionen sichtbar wird, überdies schwach ist und deshalb wenig zur Beachtung kommt. Der äussere Ring besitzt nicht die Permanenz des vorigen, aber grössere Phänomenalpracht, indem er die Strahlen des Polarlichtes entfaltet. Das Centrum der Auroren-glorie coincidirt nicht mit dem Magnetpol, sondern liegt bei 81^0 n. Br. 80^0 e. L. und sollte zur Meidung von Missverständnissen als Auroralpol bezeichnet werden. Sein Ort unterliegt Veränderungen, welche unter gewöhnlichen Umständen klein, in Sturmfällen gross und

schnell sind. Dann haben die Lichtbogen verschiedene Mittelpunkte, deren oft anscheinend plötzliche Schwankung durch Messungen an weit entfernten Plätzen als gesetzmässig erkannt werden möchte. Der gewöhnliche Lichtbogen (common auroraglory) äussert erst beim Uebergang in die intensiveren Polarlichtformen über die gewöhnlichen Declinationsschwankungen hinausgehenden Einfluss auf die Magnetnadel. Bei starker Aurora zeigt letztere westliche Abweichung. Der horizontale Theil der magnetischen Intensität wird vermindert, der verticale gesteigert, je mehr das Licht dem Zenith sich nähert. Die jüngsten, mir zur Zeit zugänglichen Beobachtungen des Polarlichtes stammen von H. Ekama während der Ueberwinterung der niederländischen Expedition im Karischen Meere.¹⁾ Der „Bogen“ kam oft, doch immer kurz, vor und ging frühe in das Band über. Die grösste Anzahl zugleich gesehener Bogen war neun, doch von geringer Lichtstärke, meist übereinander gelagert, manchmal verschmolzen, niemals gekreuzt. Das Band erschien am häufigsten, stets in rastloser Bewegung, mehrmal mit, selten scharf begrenzten Strahlen, öfter in Fadenform; die meist unvollkommene Bildung der Krone wiederholte sich in raschem Wechsel der Einzelphasen oft mehrmals am nämlichen Abend. Dunst war stets sichtbar, meist in N. Ein mehrere Stunden ruhig am Himmel stehendes Polarlicht, wie es Nordenskiöld sah, fand Ekama nie, obwohl sein Standpunkt nicht ungünstiger als Vega lag. Vermuthlich überwinterete diese in einem Minimaljahr der Polarlichter, während 1882—83 ein entgegengesetztes Extrem in der Säcularperiode bezeichnete. Zudem erschwerten starke Eispressungen die niederländischen Notirungen. Weil diese dadurch auch in der Zeit sehr beschränkt wurden, konnte die Jahresperiode der Nord-

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1884. XIX, 482—486.

lichter nicht sichergestellt werden. Doch sah man, übereinstimmend mit anderen Angaben, die kräftigste Lichtentwicklung Anfang November und Ende Februar, dann im Beginn des März, schwächer im December und Januar, geringfügig, indess, ausser bei Mondbeleuchtung, stets sichtbar, von den ersten Tagen des September bis April. Um 9^h 30 Minuten erschienen die Bänder, um 10^h 30 Minuten die Kronen am schönsten; letztere erreichten meist den Zenith, während das übrige Licht auf den nördlichen Theil des Himmels beschränkt blieb und bloß bei sehr starker Entwicklung auch den südlichen überzog. Die Lichtstärke war gewöhnlich schwach, doch wetteiferte sie ausnahmsweise mit der Helligkeit des Mondes. Am 13. November konnten bei ausschliesslicher Beleuchtung mit dem Polarlicht Bleistiftnotizen geschrieben und öfter klein gedruckte Buchstaben gelesen werden. Schatten warf das Polarlicht von sehr kurzer Erstreckung, weil die stärksten Strahlen nahe vom Zenith kamen. Die Bogen waren stets farblos, die Bänder meist unten roth, oben verschwommen grün; die Krone erschien gelblichgrün, einmal blauviolett. Spectroskopisch sah man immer nur die gelbgrüne Linie von der Wellenlänge 0.000556 mm ; auch dann, wenn, wie am 19. November, bloß rothe Färbung auftrat, bei Durchmusterung verschiedenster Stellen mittelst eines stark zerstreuenden Taschenspectroskopes. Vom Winde abhängige Polarbanden lagen gewöhnlich zwischen NW und SE, während der magnetische Meridian SSW—NNE, die Gipfelinie des Bogens N—S ging. Ein Geräusch, das sich bestimmt auf das Polarlicht hätte beziehen lassen, wurde nie gehört, wohl aber oft das von berstendem Eise verursachte; dies, wie dasjenige rauschenden Windes, gab wohl Anlass zu den keineswegs allgemein bestätigten Vernehmungen prasselnder Flammen oder flatternder Fahnen. Nach Humboldt ¹⁾

¹⁾ Kosmos. Stuttgart 1845. I, 204.

wurden die Nordlichter um so schweigsamer, je genauer man sie belauschte. Eine von den wenigen gut bestätigten, positiven Angaben über ein beim Nordlicht auftretendes Geräusch wird gemacht von Capt. Dawson, R. N., Leiter der britischen internationalen Beobachtungsstation zu Fort Rae in Nordamerika.¹⁾ Am Abend des 15. Juli trat kurz nach Sonnenuntergang ein Nordlicht ein, dessen rasche Bewegung und niedere Lage unterhalb einer Federhaufenwolke merkwürdig erschien. Es war begleitet von einem bis 1. December trotz vieler unterdess gesehener Polarlichter nicht wieder gehörten Geräusch. Nach Berichten soll dasselbe Denen, welche lang in arktischen Regionen wohnen, gut bekannt sein, doch allerdings selten vernommen werden, vielleicht wegen der meist grossen Höhe, in der das Nordlicht zu Stande kommt. Das Geräusch (swishing) wird verglichen dem Windstoss im Schiffstakelwerk oder dem die Luft durchschneidenden Peitschenpfeifen. Die Ursache der immerhin etwas zweifelhaften Erscheinung bleibt nach wie vor dunkel; denn das Prasseln einer wirklichen Entzündung brennbarer Gase durch Volta's elektrischen Funken oder Wrangel-Biot's Sternschnuppen fällt seit Wolf's Feuer- und Muschenbroek's Vulcantheorie²⁾ ausser der geschichtlichen Erwähnung Niemand mehr ein.

15. Zur wissenschaftlichen Beurtheilung der Polarlichter erscheint von besonderer Wichtigkeit das genaue Studium ihrer Höhenlage. Deren Bestimmungen wurden versucht nach Newton's,³⁾ Galle's⁴⁾ und der von Jessen⁵⁾

¹⁾ Nature 1883. March, 22.

²⁾ Hoppe, Gegenwärtiger Stand der Nordlichtfrage. „Humboldt“ 1886. V, 1—8.

³⁾ Americ. Journ. of. Sc. a. Arts. 2, XXXIX, 1865.

⁴⁾ Astron. Nachr. Nr. 1877, LXXIX, 65. — An. d. Phys. 1872, Bd. 146.

⁵⁾ Astronom. Nachrichten Nr. 2496. — Naturforscher XVI, 145.
— Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1882. XVII, 405—408.

verbesserten Methode der Parallaxen. Die erste erfreute sich meines Wissens keiner häufigen Praxis, wenigstens in Europa; der zweiten gedenken wir später; hinsichtlich der dritten macht Herr O. Jessen darauf aufmerksam, dass die räumliche Lage der Strahlen trotz der oft äusserst schnellen Ortsveränderungen der Polarlichter von Einem Orte aus bestimmbar sei, sofern dieselben auf einem Kegelmantel laufen, dessen Spitze im Erdinneren liegt am Durchschnitt eines Strahles und der Geraden, welche das irdische Centrum mit dem osculirenden Pole der magnetischen Hemisphäre verbindet. Die Polarlichtstrahlen schiessen vornehmlich längs, die magnetischen Meridiane rechtwinkelig schneidender, Curven. Diese fallen fast zusammen mit den Linien der magnetischen Totalintensität. Gefunden muss werden die scheinbare Lage der obersten Strahlenausläufer, ihr Winkel zum Horizont, das Azimuth ihres Durchschnittes mit letzterem. Selbstverständliche Voraussetzung ist genaue Zeitangabe der empirischen Erscheinungen. Höchst bemerkenswerth sind die Beobachtungen A. Paulsen's¹⁾ an der international-meteorologischen Station Godthaab in 64° n. B. Für zwei 5.8 km von einander entfernt nahe dem magnetischen Meridian gelegene Plätze wurde die Höhe der unteren Lichtgrenze bestimmt einmal 67.8 km über dem fast in Seehöhe liegenden Standort; zweimal zwischen 50 und 60; zweimal 40—50, je einmal 30—40, 20—30, 10—20; 14mal unter 10 km ; die niedrigsten Notirungen sind 1.35 und 0.61 über dem Fjord zwischen beiden Beobachtern. Hierdurch gewinnen ältere, oft angezweifelte Angaben von S. Fritz zu Ivigtut in Südgrönland (61° n. Br.: $0.5\text{—}2\text{ km}$) und Steenstrup auf Island über Umhüllung des 600 m hohen Berges mit Nordlicht an Glaubwürdigkeit. Viele einschlägige Thatsachen dürften jetzt ernster gewürdigt werden;

¹⁾ Ebenda 1884. XIX, 290—294.

unter Anderem die Mittheilungen von J. Ross, Biscoe etc., dass Südlichter zwischen den Schiffsmasten und auf den umgebenden Eishügeln auftraten. Vielleicht gehören hierher die Schnee- und Meerlichter, von Ross und Sabine 1818 gesehen; ferner die leuchtenden Nebel, welche Hildenbrandsson über dem Wettersee sah, das flimmernde Licht bei Schneegestöber, und jene eigenthümliche Helligkeit ohne bestimmte Lichtquelle, bei welcher am 7. Januar 1831 Humboldt Gedrucktes las. Allerdings können hier auch andere Umstände wirken. H. Ekama¹⁾ aus Haarlem fand bei seinen nach Galle's Methode ausgeführten Arbeiten über die Höhe der Polarlichtkrone auffallend hohe Werthe, was anfangs der starken Annäherung des Phänomens zum Zenith, später einer Unrichtigkeit der Formel zugeschrieben ward, was ihr Autor²⁾ freilich beanstandete. Bedeutet z den Abstand der Krone von der Erdoberfläche, v den Unterschied der geographischen Breiten beider Beobachtungspunkte in Meilen, h die Bogendifferenz der magnetischen Inclination i und der Breite, so wird $z = v \cdot \text{tang } h$. Diese Formel Galle's führe nur zufällig zu den Parallaxenbeobachtungen angemessenen Werthen, leide aber an dem Fehler der Verwechslung des astronomischen und magnetischen Zeniths. Galle dagegen hält Ekama's Verfahren, die Parallaxenrechnung anzuwenden, für ganz ungerechtfertigt, weil dieselbe voraussetze, dass die Nordlichtkrone ein physisch festes Object in der oberen Atmosphäre bilde, während sie als rein optisches Phänomen aufzufassen sei, für jeden Standort eigenthümlich. Von einem bestimmten Punkte A kann man die Krone südlicher sehen, als dem von der Inclinationsrichtung angedeuteten magnetischen Zenith jenes Ortes entspricht.

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 67—69.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 224—226.

Wie viel diese südliche Abweichung auf dem magnetischen Meridian beträgt, ist durch Beobachtung und mittelst magnetischer Karten annähernd zu finden. So ergiebt sich ein zweiter Punkt *B* der Erdoberfläche, in dessen astronomischem Zenith die Kronenstrahlen schweben. Die senkrechte Erhebung dieses Lichtphänomens über der Erde giebt die Formel $z = 2r \sin v/2 \times [\sin(h + v/2)/\cos(h + v)]$ oder $z = r v \tan h$, worin *r* den Erdradius, *v* den im magnetischen Meridian gemessenen Bogenunterschied, *h* die in *A* gesehene Höhe der Polarkrone darstellt. Allerdings wird in den höchsten geographischen Breiten $\tan h$ sehr gross, *v* mit der Inclinationsdifferenz von *A* und *B* klein. Auch macht der Thatbestand die Messung so schwierig, dass die Ergebnisschärfe beeinträchtigt wird. Ferner liegt die nicht streng erwiesene, indess nicht unwahrscheinliche Voraussetzung zu Grunde, dass die in der Nordlichthöhe schwebenden Strahlen der senkrecht darunter an der Erde befindlichen Inclinationsnadel parallel seien, während eine, der Höhe irgendwie correspondirende Variation der magnetischen Neigung kaum bestreitbar erscheint.

16. Eine Theorie des Nordlichtes, sofern sie physikalisch begründbar ist, kann der Elektrizität nicht entbehren. Wir gehen daher erst später genauer darauf ein. Vor ungefähr einem Viertelsäculum dachte zuerst de la Rive¹⁾ daran, durch künstliche Nachahmung des Phänomens dasselbe zu erklären. Eine Holzkugel wird diametral berührt von zwei Eisenstäben, welche horizontal auf den Polen eines senkrecht darunter stehenden Elektromagneten ruhen. Die anderen Enden jener Stäbe ragen in luftdicht verschlossene Glasröhren und sind darin von je einem metallischen, auf gefirnissten Haltern

¹⁾ Arch. d. sc. phys. et nat. Genève et Paris. XIV, 1862. — Müller, Kosm. Physik. Braunschweig 1875. 4. Aufl. S. 840.

sitzendem Drahringe umgeben. Mittelst Hahnes im Aussendeckel werden die Cylinder luftleer gemacht und mit beliebigen Gasen gefüllt. An die Holzkugel sind zwei Löschpapierstreifen gelegt, in rechtwinkliger Kreuzung Aequator und Meridian darstellend; auf letzterem stehen symmetrisch beiderseits je zwei messingene Stromzuleiter. Unten, wo die Kugel auf den Magnetpolen ruht, ist eine fünfte Messingzwinge eingeschraubt, welche eine Schale lose andrückt, deren Salzwasser die Papierbäusche feucht hält. Das letzt erwähnte Metallstück nimmt den negativen, jede der äusseren Deckplatten der Glasröhren einen positiven Pol eines kräftig elektrisch erregten Funkeninductors auf. In den evacuirten Cylindern geht wechselnd rechts und links, selten beiderseits gleichzeitig, ein Lichtschimmer vom Drahring zum Eisenstab, um diesen bei Erregung des Elektromagneten rotirend. Von den oberen Zwingen laufen 10—12 *m* lange Drähte zum Galvanometer, dessen ausweichende Nadel den Einfluss des Polarlichtes auf die Declination versinnlicht. Der Hauptwerth der complicirten Einrichtung besteht weniger in der von der Wahrheit nicht bloß in den Dimensionen sehr fern bleibenden Wiedergabe des Phänomens, als der schematischen Nachahmung geographischer Verhältnisse, verbunden mit elektrischen Hypothesen, welche jenen angepasst sind. Die positive Elektricität des Meerwassers soll von den Dünsten in die obere Luft, hier aber von den Passatwinden an die Pole getragen werden, wo sie Gelegenheit findet, unter Lichterscheinung mit der negativen Erdladung sich auszugleichen, während sie anderwärts durch beträchtlich dicke, schlecht leitende Atmosphärenschichten von einander getrennt bleiben.

Schon im vorigen Jahrhundert verglichen Winkler 1746, van Marum 1777 elektrisches Leuchten im luftverdünnten Raume dem Nordlichte. 1840 schlug Herr

A. Rowell¹⁾ vor, in arktischer Region Metalle zur Wolkenhöhe zu führen, um Nordlicht hervorzurufen. Dreiundvierzig Jahre später führte Lemstroem²⁾ zu gleichem Zwecke grossartige Versuche aus. Die Plateaux zweier nordfinnischer Berge von 800 und 1100 *m* Höhe sind mit mehreren hundert Metallspitzen armirt, in Halbmeter Abständen aufgelöthet einem Kupferdrahtnetz, das 2—3 *m* überm Boden isolirt war und eine Leitung in die Ebene sandte zu einer Zinkplatte, welche in eine Wasser führende Schicht versenkt wurde. Darin erkannte man jederzeit schwankende Ströme von der Luft zur Erde, und über den Spitzen ein gelblichweisses Licht, das die Spectralreaction des Polarlichtes verrieth; dasselbe ward verstärkt bei Einschaltung einer Influenzmaschine. An einer solchen von doppelt wirkender Form stellte Herr Hoppe³⁾ in Hamburg eine dem Polarlicht ähnliche Erscheinung dar, indem die negative Elektrode isolirt mit einer feuchten Schwammkugel verbunden wird, welche in Fliesspapier gehüllt ist. Darüber leuchtet bei Erdableitung des positiven Poles ein gelblicher, zeitweise grüner und rother Schimmer von Fächergestalt, woraus bei Annäherung leitender Spitzen bis 1 *cm* Strahlen schiessen.

17. Was bei uns Nordlicht genannt wird, beschränkt sich meist auf diffuse, einen Theil des Himmels überziehende Röthe, welche vielleicht nicht immer mit Recht auf magnetische Ursachen bezogen wird. Im Februar 1872 beobachtete ich zu Bamberg ein derartiges Phänomen von auffallender Schönheit und ungewöhnlich weiter

¹⁾ Report of the British Association.

²⁾ Mittheilgn. d. internation. Polarcommission. IV. — Nature. 1883. XXVIII, 60. Resultate d. wiss. Expedition nach Sodankylae. — Nature 1885. II, 19.

³⁾ „Humboldt“ 1886. V, 8.

Erstreckung, welche insbesondere so viel des westlichen Himmels beanspruchte, dass schon damals Zweifel an echter Polarlichtnatur in mir umsomehr aufstiegen, als hier das Magnetometer vollkommen ruhig verblieb. An diese Bedenken dachte ich lebhaft, als die merkwürdigen Dämmerungserscheinungen allgemeines Aufsehen erregten, vielfach discutirt und im Zusammenhang mit dem Ausbruch des Krakatau vom 26. bis 31. August 1883 gebracht wurden. Ich erwähne dieser prächtigen Schauspiele, weil die Darstellung von Cl. Hess in Frauenfeld¹⁾ bei den Erklärungsversuchen an eine Influenzwirkung des Nordlichtes denkt, anknüpfend an die auffällige Regelmässigkeit der Cirrus- und Cirrostratusbewölkung mit ihrem krystallinischen Wassergehalt, der besonders geeignet ist für atmosphärische Lichterscheinungen. Dazu kam ein starker Hochnebel, vom Rande eines Gebietes maximalen Luftdruckes aufsteigend, durch leichten Nordwind emporgehoben unter allmählicher Condensation, ja Erstarrung des Wasserdampfes. Bestimmte Verhältnisse der atmosphärischen Feuchtigkeit, Pressung und Bewegung wurden oft zum Polarlicht in secundäre Beziehung gebracht. Auch in Berichten aus Brixen, Trient, Oberkrain, Paris, Pera wird an Nordlicht erinnert, ohne dass die differentiellen Momente unterschätzt wurden.

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1884. XIX, 21.

II. Tellurische Elektrizität.

1. Die elektrischen Erdströme.

18. „Magnetismus ist eine der vielfachen Formen, unter denen sich die Elektrizität offenbart.“ Der Vergleich des Plinius¹⁾ und des Chinesen Kuopho²⁾ zwischen geriebenem Bernstein und dem Magnete ist nur von äusserer Bedeutung. Wissenschaftlich wurde der Zusammenhang beider Erscheinungskreise erkannt von Oersted³⁾ zu Kopenhagen am 21. Juli 1820 in der Erfahrung, dass die Magnetnadel vom parallel darüber oder darunter geleiteten Strome der Elektrizität in bestimmter Richtung abgelenkt wird. Die physikalische Entwicklung des Elektromagnetismus gehört nicht hierher. Es wollte blos die innere Verbindung des vorigen und dieses Gegenstandes festgestellt werden.

19. Von nachweisbaren elektrischen Strömen in der Erde sprach wohl zuerst Lamont⁴⁾ bei seinem Berichte über die vom 1. Mai 1850 bis 31. October 1851

¹⁾ Histor. nat. XXXVII, 3.

²⁾ „Lobrede auf d. Magnet.“ IV. saec. — Klaproth, Sur l'invention de la boussole. Paris 1834. S. 125.

³⁾ An. d. Phys. 1820. LXVI, 295—304. Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticum.

⁴⁾ An. d. Phys. (161) 1852. LXXXV, 494—504. — Math.-phys. Cl. d. k. b. Akad. VI, 2.

an der Münchener Sternwarte angestellten Beobachtungen der Luftelektricität. Auf Seite 500 heisst es: „Die Erde besitzt eine gewisse Menge negativer Elektricität,“ deren Vertheilung wechselt mit der Zeit und äusseren Umständen. Ihre Spannung wächst mit der Höhe und Schärfe aufragender Erhebungen. Die Ladung jedes Punktes der Erdoberfläche hängt von den Zuständen aller anderen Punkte ab. Jede partielle Aenderung hat allgemeine zur Folge, welche sich wahrscheinlich mit grosser Schnelligkeit über die Erde verbreiten. An weit abstehenden Orten sollten die Modificationen der elektrischen Vertheilung namentlich zur Zeit von Nordlichtern geprüft werden. Die Anordnungsform der tellurischen Elektricität wird mit Herrn de la Rive¹⁾ in Genf besprochen, welcher den Bezug magnetischer Variationen mit elektrischen Strömungen theoretisch betrachtet hatte. Lamont grub 28 Metallplatten im Boden rings um Bogenhausen ein, von denen Drähte zu Galvanometern führten. Die ersten Spuren des Stromes sah er 1859. Es überraschte ihn, dass zwar die Bewegungen der Multiplicatornadel und der selbständigen magnetischen Instrumente im Allgemeinen übereinstimmten, aber diese weit beträchtlicher waren als jene. Später ergab sich, dass jene überall nur den Andrang schneller Zu- oder Abnahme des Erdstromes zeigt, bei dessen gleichmässiger Stärke aber zurückgeht, während das Magnetometer auf dem erreichten Ablenkungswerthe länger verbleibt. Die Erklärung folgt aus physikalischen Versuchen, wonach ein Strom, dem zwei verschiedene Leitungen zu Gebot stehen, diejenige von kürzerer Strecke und kleinerem Querschnitt, hier den Galvanometerdraht, in den ersten Augenblicken nach eingetretener Verstärkung benützt, bald darnach indess die Leitung mit längerer Ausdehnung und grossem Querschnitt; in diesem Falle

¹⁾ An. d. Phys. (190) 1861. CXIV, 639—645.

also grösstentheils durch die Erde geht, von wo aus der magnetische, nicht aber der elektrometrische Einfluss zu Tage tritt. Auf letzterem Wege ist deshalb der Erdstrom an sich gar nicht constatirbar, sondern bloß die wellenförmige Folge rascher Aenderungen in seiner Stärke. Diese sind in der Nähe der Erdoberfläche am mächtigsten, in 3—4 *m* Tiefe auf die Hälfte herabgedrückt. Die directe Messung gestattet deshalb nur sehr unsichere Schlüsse auf die absolute Kraft der Erdströme und das Mass ihrer Tiefenerstreckung. Wenn Lamont hiefür circa 1455 *m* angiebt, müsste die unwahrscheinliche Annahme gelten, dass überall gleiche Stromstärke herrsche. Hinsichtlich der Richtung wird bloß auf eine Resultante vieler, kaum entwirrbarer Einzelströme zu rechnen sein, weil abgesehen von der unentschiedenen Frage nach der elektrischen Quelle die Verbreitung der Elektrizität im Boden auf höchst ungleichartig angeordnete Widerstände stösst. Im Allgemeinen wurde der Hauptstromlauf dem Aequator parallel erkannt. Zwar scheinen auch kleine elektrische Wellen nordsüdlich zu gehen, sie constituiren jedoch umsoweniger einen ausgesprochenen Polarstrom, als schwache irreguläre Oscillationen in allen möglichen Richtungen vorkommen. Da der elektrische Aequatorialstrom von E. nach W., also mit der Sonne läuft, kann man an einen Zusammenhang seiner Ausbildung mit der Wärme denken. Weil ferner in den Drahtleitungen jeder Blitz eine Verstärkung des Stromes veranlasst, nimmt Lamont an, dass die Geschieke des Erdstromes wesentlich an die Oberfläche gebunden sind. Seine Erregung finde er darin, dass die vornehmlich von atmosphärischen Verhältnissen herleitbaren Spannungsunterschiede nach Ausgleichung streben. Auf inneren Zusammenhang der Erdströme mit magnetischen Störungen schliesst v. Lamont aus einer Beobachtung am 26. December 1861, Früh 8 Uhr, zu München-Bogenhausen, zu welcher Zeit ein Erdbeben

Griechenland verwüstete. Das Magnetometer zeigte starke horizontale Schwankung und heftiges Zittern in verticalem Sinne, während der Erdstrom in der unterirdischen Drahtleitung erheblich modificirt ward.¹⁾ Sabine²⁾ bestätigt die elektrischen und magnetischen Beziehungen, erklärt sie aber in der Weise, dass elektrische, den Weltraum durchfliessende Ströme an verschiedenen Punkten die Erdbahn kreuzten und dann magnetische Perturbationen, vielleicht auch andere Störungen bewirkten. In ähnlichem Sinne wurden zeitweise auftretende natürliche Strömungen in Telegraphendrähten zu jenen in Bezug gesetzt.³⁾ Walker erwähnt blos die Gleichzeitigkeit der Erscheinungen. Lloyd dagegen findet eine befriedigende Uebereinstimmung der Declinations- und Intensitätsphänomene, im Mai zu Dublin beobachtet und auf mehrjährige Mittelwerthe bezogen, mit in der zweiten Maihälfte 1848 durch Barlow constatirten Telegraphendrahtströmen, welche als wahrer Ausdruck der tellurischen Elektrizität betrachtet werden, was indess Lamont⁴⁾ bestreitet.

20. Dieser Forscher hatte die Leitungen zum Auffangen der Erdströme circa 100 *m* lang gemacht; Galli⁵⁾ beschränkte diese Abstände auf 4—6 *m*, erhielt indess Ergebnisse, allerdings positiver Art, doch kaum mit Recht auf den wirklichen Erdstrom beziehbar. Dieselben rühren vielmehr wahrscheinlich von secundär an den eingegrabenen Platten entstandenen elektrischen Span-

¹⁾ An. für Meteorologie und Erdmagnetismus. 1842. II, 188.
— An. d. Phys. (191) 1862. CV, 176.

²⁾ Brief an Dove 19. III, 1850.

³⁾ On magnetic storms and Earth-Currents. Phil. Transact. 1860.
— On Earth-Currents and their connexion with the diurnal changes of the horizontal magnetic needle. Transact. of the Roy. Irish Acad. XIV. — Phil. Transact. 1849. LXI.

⁴⁾ Der Erdstrom etc. Voss, Leipzig 1862.

⁵⁾ Osservatorio metr. di Velletri 10. VII, 1882.

nungsdifferenzen, zu deren Hervorrufung es an chemischen oder thermalen Einflüssen nicht fehlt. Selbst Lamont's Befunde, ja sogar die an Leitungen von 13 bis 16 *km* durch Airy¹⁾ erhaltenen dürften durch Nebeneffekte höchlich beeinträchtigt worden sein. Behufs einer strengen Kritik der Frage verband Herr Wild bei Pawlowsk²⁾ je zwei Punkte auf den Meridian 1088, zwei senkrecht dazu 1067 *m* abstehend, mit dem Galvanometer im unterirdischen Pavillon. In magnetisch ruhiger Zeit erscheint der Erdstrom so schwach, dass die kilometrische Potentialdifferenz hinter der Unsicherheit der Messung verschwindet und sich kleiner als 0·001 Daniell herausstellt. In südlicheren Gegenden sind die Erdströme nach telegraphischen Erfahrungen noch schwächer, und auf kurze Strecken so gut, wie nicht constatirbar. Dies gilt selbst für die relativ starken Ströme während magnetischer Aufregung, welche das elektrische Potential von 0·001 Volt für 1 *km* Erdplattendistanz auf 0·05, also die Stromkraft ums Fünzigfache steigern, weil die elektromotorische Differenz der eingesenkten Metallflächen oft gleichfalls 0·05 beträgt. Letztere Nebenwirkung muss möglichst beseitigt werden, wenn man nicht mindestens über 50 *km* lange Leitungen verfügt. Es wird zu jenem Zwecke empfohlen, senkrecht gekreuzte Linien zu combiniren. Der Leitungswiderstand der Erde bei 1 *qm* grossen, 1 *km* auseinanderstehenden Platten schwankt zwischen 30 und 60 Ohms. Beträgt der Widerstand im Zuleitungsdraht und Galvanometer höchstens 40, der Gesamtwiderstand also 100 Ohms, die Empfindlichkeit des Spiegelgalvanometers für jeden Theilstrich 0·000002 Ampère, so überschreiten die Ablenkungen durch den Erdstrom allein in maximo nicht 250 Scalentheile = 0·05 Volt.

¹⁾ Phil. Transact. 1868. CLVIII, 465.

²⁾ Mém. de l'acad. imp. des sc. de St. Pétersbourg XXX, 1883, XXXI, S. 10. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1884. XIX, 510.

Das Verhältniss der Erdstromstärke zu der des Erdplattenstromes in der nämlichen Leitung wächst mit zunehmendem Abstand der Platten, ist aber unabhängig von deren Grösse wie vom Leitungswiderstande. Fortgesetzte Untersuchungen führten Wild zu folgenden Ergebnissen: Der Erdstrom geht nicht dauernd in derselben Richtung mit langsam variirender Intensität, sondern wechselt ebenso rasch seine Bewegungslinie als die Stärke. Im Allgemeinen ist er E.—W. kräftiger entwickelt, als N.—S. Aus Einzelbeobachtungen erkennt man keine Periodicität des täglichen Ganges, wohl aber im Monatmittel. Der Aequatorialstrom erreicht das Maximum um 8^h a., das Minimum 1^h p. m., der Polarstrom dieses 8^h p., jenes 4—5^h a. m., beidemal mit der geringen Schwankung 0·0008 Volt. Die magnetische Tagesperiode steht hiermit in keinem Zusammenhange; doch weichen bei bedeutender Erdstromverstärkung die Symptome des Magnetismus von der Regularität ab, freilich nicht in strenger Proportionalität. Mehr Uebereinstimmung findet man, wenn die E.—W.-Strömung mit der Horizontalintensität, die nordsüdliche mit der Declination verglichen wird. Dabei geht die Stromschwankung circa 5 Minuten der magnetischen Variation voraus und diese folgt in dem den elektrodynamischen Gesetzen der Magnetbewegung entsprechenden Sinne. Vermuthlich wirkt der Erdstrom auf die Apparate durch Magnetisirung einer mehr oder weniger dicken Bodenschicht, ist demnach Primärursache der magnetischen Störungen, ohne indess die periodischen Variationen aller Elemente direct zu veranlassen.

21. Herr C. Schering¹⁾ hält Wild's Vierpunktmethode, um die Potentialdifferenz zweier Stellen der Erde und die elektromotorische Kraft der einge-

¹⁾ Göttinger Nachrichten, März 1884. — Werner Siemens, Deutsche Nordpolexpedition 1882—83. — Exner, Repertor. d. Phys. 1884. XX, 430 - 434.

senkten Platten zu scheiden, für unsicher. Er stellt die Formeln hin $P_1 - P_2 - (e_1 - e_2) = J W = A$ (bekannt)
 $P_1 - P_2 = \varepsilon a \cos v$, worin P_1, P_2 die Erdstrompotentiale, e_1, e_2 die elektromotorischen Kräfte der Platten, ε die Potentialdifferenz zweier auf der nämlichen Strömungslinie um die Längeneinheit von einander abstehender Punkte, a die Entfernung der geprüften Orte, v den Winkel ihrer Verbindungslinie zur Senkrechten auf den Parallellflächen gleichen Potentials bedeuten. Ist von vier Erdpunkten jeder mit dem Galvanometer verknüpft, so sind sechs Combinationen je zweier Leitungen möglich, wodurch die Gleichungen entstehen:

$$A_1 = P_1 - P_2 - (e_1 - e_2)$$

$$A_2 = P_1 - P_3 - (e_1 - e_3)$$

$$A_3 = P_1 - P_4 - (e_1 - e_4)$$

$$A_4 = P_4 - P_2 - (e_4 - e_2)$$

$$A_5 = P_3 - P_2 - (e_3 - e_2)$$

$$A_6 = P_4 - P_3 - (e_4 - e_3)$$

mit den Hilfsformeln

$$P_1 - P_2 = \varepsilon a \cos v, \quad P_1 - P_3 = \varepsilon b \cos(\beta - v)$$

$$P_1 - P_4 = \varepsilon c \cos(\gamma + v), \quad P_4 - P_2 = \varepsilon d \cos(\delta - v)$$

$$P_3 - P_2 = \varepsilon f \cos(\varphi + v), \quad P_4 - P_3 = \varepsilon g \sin v,$$

worin b, c, d, f Seiten des die vier Ableitungspunkte verbindenden Parallelogramms; a, g dessen Diagonalen; $\beta - v, \gamma + v$ etc. Winkel zwischen jenen Geraden sind. Die sechs Variablen $e_1, e_2, e_3, e_4, \varepsilon, v$ erscheinen vorerst unberechenbar, weil nur drei der Gleichungen von einander unabhängig sind. Bloss wenn die elektromotorische Kraft der Zuleitungsplatten gegeben ist, lässt sich der Potentialunterschied zweier, mit jenen armirter, Flächen des Erdinneren finden. (Die Inductionsströme prüft man nach W. Siemens.)

22. In einer von Finnland ausgehenden wissenschaftlichen Expedition erforschte Herr S. Lemstroem ¹

¹) Nature 19. II, 1885. — Z. d. öst. Ges. f. Meteor. 1885. XX, 148—150.

1883—84 zu Sodankylae den Erdstrom. Eine ältere Drahtleitung war von früheren Untersuchungen da. Sie wurde neuerdings selbständig sowohl, als verbunden mit einem 2·5 *km* davon abstehenden neuen Strange benützt. Die störende elektromotorische Kraft der Erdplatten berücksichtigte man aufmerksam. Jetzt wie früher kamen die Galvanometernadeln selten zu Ruhe, während in Kultala ($68^{\circ} 29' 5''$ n. Br.) nur ausnahmsweise merkliche Bewegungen zu Stande kamen. Vielleicht ist der Pol von einem Gürtel umschlossen, auf welchem die Erdströme stärker und veränderlicher sind, als nördlich wie südlich von einer schmalen Zone am 68. Parallel. Auch in die Luft scheint sich eine elektrische Strömung zu verbreiten von der Erde aus, selten in verkehrter Richtung, erkennbar durch Vergleichung der Multiplimatorausschläge bei Zu- oder Gegenschaltung einer schwachen Batterie.

23. Eine jährliche wie tägliche Periode der Erdströme fand Herr S. Tromholt¹⁾ mittelst der seit 1. Juli 1881 geschehenen Aufzeichnungen an 44 Telegraphenstationen Schwedens und Norwegens, drei Jahre lang, täglich von 7^h a. m. bis Mitternacht. Benützt wurde das Material von Bergen ($60^{\circ} 24'$ n., $5^{\circ} 20'$ e.), Trondheim ($63^{\circ} 27'$ n., $8^{\circ} 5'$ e.), Loedingen ($68^{\circ} 24'$ n., $16^{\circ} 1'$ e.), Kistrand ($70^{\circ} 25'$ n., $25^{\circ} 13'$ e.). Die Tage mit Gewitterstörungen wurden ausgeschlossen. Es ergab sich ein Zusammenhang der elektrischen Jahresschwankungen mit Nordlichtepochen; Maxima fallen auf die Nachtgleichen, Minima auf die Sonnenwende, bei deren einer das Polarlicht wegen Helligkeit des arktischen Himmels zurücktritt. Telegraphenstörungen sind in Norwegen häufig; sie vermindern sich gleich den Polarlichterscheinungen

¹⁾ Nature 28 V, 1885 — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 301—303.

an Zahl von Jahr zu Jahr. Doch dürfte eine elfjährige Periode beider Phänomenreihen längeren Untersuchungen erkenntlich sein. Die tägliche Stromschwankung fand man, indem die Zahl der Störungen für jede Stunde zwischen 7^h Früh und 12^h Nacht verzeichnet ward. Ein deutliches Maximum liegt bei 8—9^h p., ein secundäres, nicht überall sicheres bei 10—11^h a.; das Minimum innerhalb 1—2^h p. m. In der Jahrescurve erscheint das Maximum im November über dreimal so hoch als das Minimum des August. Im Mittel ist die Jahressumme für obige vier Orte 75. Zu Kistrand vertheilten sich 1883—84 die Polarlichter so: Januar 0, Februar 9, März 4, April 12, Mai 3, Juni 5, Juli 8, August 3, September 11, October 6, November 3, December 3. Jährlich 67. (Anomal?)

24. Während eines Gewitters beobachtete Herr Froelich¹⁾ die Erdströme an der unterirdischen Telegraphenleitung zwischen Berlin und Dresden. Der selbstregistrirende Russschreiber verzeichnete die Stromcurve längs einer Nulllinie, welche von einer besonderen Spitze aufgetragen wurde. Gleichzeitig controlirt eine im constanten magnetischen Felde bewegliche Stromrolle durch ihre Ausschläge die Intensität des Erdstromes. Das Bild verräth einen continuirlichen Verlauf desselben ohne ausgesprochene Periodicität. Während des Gewitters änderte sich die Stromcurve wenig und ward nur von einigen Zacken unterbrochen, welche einzelnen Inductionsschlägen zu entsprechen schienen. Auf solche, von plötzlichen Entladungen hochgespannter atmosphärischer Elektrizität herrührende Einzelschläge beschränkt sich der Einfluss des Gewitters, bei welchem weder Charakter noch Stärke des Erdstromes erheblich schwankt.

¹⁾ Elektrotechnische Zeitschrift 1882. III, 336. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XVIII, 172. — Naturforscher 1882. XV, 421.

25. In Gegensatz zu den magnetischen Beziehungen der tellurelektrischen Ströme tritt Herr E. O. Walker.¹⁾ Solche könnten allerdings vorhanden sein, aber nur mittelst viel feinerer Instrumente erkannt werden. Die gewöhnlichen Erdströme haben örtliche Ursachen. Das höhere Potential derselben liegt in Indien Vormittags östlich, Nachmittags westlich mit den höchsten Werthen um 9—10^h a., 2—3^h p. m. Verschieden hohe Punkte der Erdoberfläche haben eine dauernde oder veränderliche Potentialdifferenz von nahe 1 Volt für 3000 *m* Verticalabstand. Die Feuchtigkeit spielt eine besondere Rolle. Regen vermindert, schnelle Verdunstung erhöht das elektrische Potential der Erdströme. Die Verdampfung hinterlässt der Bodenfläche positiv elektrische Ladung von um so grösserer Spannung, je rascher jener Vorgang war, so dass von hier ein Strom zu Punkten schwächerer Verdunstung, darum geringeren Potentials fliesst. Die Potentialdifferenz zwischen Bombay und Madras (900 Miles) wird an ruhigen Tagen auf durchschnittlich 7 Volts geschätzt; Bellary-Belgaum (Landstation, 200 Miles E.—W.) 2—2.5 Volts; Belgaum-Vingurla (Küstenplatz, 70 Miles) 15 Volts, jedoch mit, oft innerhalb 90 Miles übereinstimmend, wechselnder Richtung und intermittirend starken Stössen. Solche Steigerung aufs Fünffache der gewöhnlichen auf die Erdelektricität bezogenen Telegraphenströme beobachtete Mr. Preece²⁾ beim Nordlicht vom 17. November 1882. Seit 30 Jahren sollen in England (Frankreich und Amerika) keine stärkeren beobachtet worden sein.

26. Letzteres Phänomen leitet Herr E. Edlund³⁾ von langsamen continuirlichen Strömen her, in denen

¹⁾ British Assoc. Report. Montreal Meeting 1884—85. London 655.

²⁾ Nature 23. XI, 1882.

³⁾ Recherches sur l'induction unipolaire etc. — Comptes rendus de l'acad. Stockholm 1878. XVI, 1. — Phil. Magaz. (5)

sich längs der arktischen Region zwei elektrische Ladungen folgender Entstehungsweise ausgleichen. Die motorischen und magnetischen Verhältnisse der Erde erzeugen eine unipolare telluroelektrische Induction. Ein elektrisch leitsamer Cylinder, um einen Magnet gedreht, giebt einen Strom zwischen einem dem Pole nahegelegenen, und einem mittleren Punkte, weil bei der Rotation die elektrischen Aethermoleküle in, der Drehgeschwindigkeit proportionale, Kreisströme gerathen, welche allmählich gegen den Aequator oder zum Pole des Magnets hinstreben. Da oder dort gewinnt deshalb je nach dem Sinne der Rotation der gedrehte Leiter elektrischen Ueberschuss. Als solch einen Leiter die Luft betrachtend, kann man die darauf vom magnetischen Erdkern geübte Wirkung in atmosphärischen Kreisströmen berechnen, welche auf jeder Hemisphäre zum entsprechenden Pol fließen, und zwar so, dass der elektrische Aether oder die positive Elektrizität hoch in der Luft angesammelt, der elektrische Mangel oder die negative Elektrizität aber am festen Boden liegend erscheint. Aus zu Stockholm ausgeführten Vergleichen zwischen der Kraft runder Magnetstäbe und derjenigen des Erdmagnetismus wird für jede 1 *m* dicke Luftschicht am Aequator der elektromotorische Werth 0.0231 Daniell abgeleitet, welcher in gewöhnlicher Wolkenhöhe von 1000 *m* auf 23.1 Daniells steigt.

27. Hinsichtlich des zuletzt berührten Gegenstandes ist ein Brief bemerkenswerth, den Arago Anfangs der Vierziger-Jahre von Melloni erhielt.¹⁾ Darin wird gesagt, dass die Herren Linari und Palmieri 1843 Inductionsströme der Erde gefunden und hiermit Schläge, Wasserzersetzung, später auch Funken erzielt

XVI, 493. — Zeitschr. der österr. Gesell. für Meteorologie 1884. XIX, 535.

¹⁾ Comptes rendus. Paris, XVIII, 762.

hätten. Die angewandte magnetelektrotellurische Batterie bestand aus hohlen Eisencylindern, umwunden mit sieben Spiralen seidebesponnenen Kupferdrahtes, in Drehung versetzt durch ein Räderwerk, wobei eine kleine, auf der Rotationsachse sitzende Metallscheibe in Quecksilber taucht, so oft die Eisenröhren die Richtung der magnetischen Inclination erreichen. Dass die der Erde entstammende Elektricität jene Wirkung giebt und nicht etwa Achsenreibung, die bewegte Luft oder ein Nebenumstand daran Schuld ist, zeigt das Ausbleiben der Erscheinung, wenn die auf der Achse sitzende Rolle um 90^0 verdreht wird, so dass bei senkrechter Stellung der Eisenröhren gegen die Inclinationslage die Stifte ins Quecksilber sinken. Die Erwartung, welche Melloni hegt, es möge bei Vergrösserung der Drahtspulen gelingen, Funken ohne Eisenkern zu erhalten, wurde drei Jahre darnach von Palmieri¹⁾ bestätigt. Ein $1\frac{1}{2}mm$ dicker seidebesponnener Kupferdraht läuft in 200 Windungen um einen elliptischen Holzrahmen mit 1.2 und $0.9m$ langen Achsen, deren erstere senkrecht zum magnetischen Meridian steht. Bei Drehung um diese erscheint durch Erdinduction ein Funke, welcher zuweilen schon bei 120 Touren auftritt, bei grösserer Länge und Dicke des Drahtes aber glänzender wird.

2. Elektricität der Luft.

28. Die Bekanntschaft mit den elektrischen Eigenschaften der Atmosphäre konnte gegenüber ihren grossartigen oder milderer Aeusserungen bei vielen Anlässen gemacht werden; aber eine wissenschaftliche Auffassung der Verhältnisse war erst möglich, als eine mit den natürlichen Ereignissen vergleichbare künstlich hervorgebrachte elek-

¹⁾ Arch. de l'électricité. V, 190.

trische Erscheinung gesehen worden war. Zweckvoll experimentell ging Franklin¹⁾ vor, indem er mittelst eines aus Seide, Eisendraht und Hanfschnüren gefertigten Drachens Wolken entlud. Mindestens gleichzeitig, vielleicht schon früher, jedenfalls unabhängig vom amerikanischen Forscher hatte Prokop Divisch zu Prenditz bei Znaim in Mähren²⁾ einschlägige praktische Studien gemacht, welche ihm wenigstens das Mitrecht auf Erfindung des Blitzableiters mit grösserer Klarheit sichern als dies der Fall ist gegenüber den Angaben, dass schon der Tempel Salomons mit einem solchen (und zwar nach dem complicirten Melsens'schen System) versehen gewesen sei, ferner die Inder³⁾ Eisenspitzen gegen Gewitterwolken zur Unschädlichmachung des Blitzes hielten, endlich die Thraker Pfeile in die gewitterschwangere Luft schossen. Ich sehe von weiterer Verfolgung dieser Fragen ab, weil sie bereits im XXIX. Bande der Elektrotechnischen Bibliothek durch Herrn v. Urbanitzky gründlich besprochen sind. Ohne Rücksicht auf einen besonderen Gegenstand (Blitzableiter) ganz im Allgemeinen dürfte Otto v. Guericke (1602—1686) an der von ihm in den Sechziger-Jahren des 17. Jahrhunderts construirten Elektrisirmaschine den aus deren Frictionskörpern ohne Vermittlung eines Conductors gezogenen elektrischen Funken gesehen und an dessen unvermeidlich imponirende Aehnlichkeit mit dem Blitze zuerst gedacht haben. Ausgesprochen wurde dies von Wall,⁴⁾ als er geriebenen Harzmassen Feuerstrahlen unter Knistern mit der Hand entzog.

29. Dalibert in Marly la Ville beobachtete an einer von der Erde isolirten Eisenstange am 10. Mai 1752

¹⁾ Exper. on the effects of lightning. — Phil. transact. 1751.

²⁾ Dr. Jul. Friess, Progr. d. Staatsoberrealsch. in Olmütz 1884.

³⁾ Salverte, Sciences occultes. II. édit. 408.

⁴⁾ Phil. Transact. 1708. XXVI, 170.

während eines vorbeiziehenden Gewitters aussprühende Funken. De Romas zu Nérac in der Gascogne¹⁾ erhielt mittelst des Saugdrachens, dessen drahtdurchflochtener Schnur er später einen mit der Erde verbundenen metallischen Conductor gegenüberstellte, binnen einer Stunde 9—10' lange, 1" dicke, gleich einem Pistolenschuss knallende Funken. Eine dauernde Einrichtung zu solchen Untersuchungen traf A. Crosse, Esq. v. Broomfield bei Taunton in Somerset. Von Stangen, welche auf den höchsten Bäumen des Parkes angebracht waren, liefen isolirte Leitungsdrähte zu einem Maste, der die Partialladungen sammelte, deren Vereinigungsorte ein zum benachbarten See abgeleiteter Funkenzieher gegenüberstand. Die Elektricität konnte auch direct zur Erde geführt werden. Wie rathsam dies sein kann, zeigt das Schicksal Richmann's in Petersburg, welcher bei solchen Forschungen durch einen aus dem Sammelapparat auf seine Stirne überschlagenden Funken getödtet wurde.²⁾

30. Die Atmosphäre besitzt auch bei vollkommener Heiterkeit und Ruhe eine elektrische Ladung, schwach oder vielmehr wegen weiter Verbreitung von geringer Dichte, deshalb schwer nachweisbar. Es dienen dazu elektroskopische Instrumente von Volta, Bohnenberger, Dellmann, Lamont etc., welche im Wesentlichen aus im Freien aufgestellten Metallspitzen oder -Kugeln, und elektrisch divergirenden Goldblättern, Strohhalmen, Hollundermarkpendeln bestehen. Welchen Einfluss auf die Ergebnisse die Höhe der Sammelapparate und die Abwesenheit hervorragender Umgebungen äussert, zeigte

¹⁾ Mém. des Savants étrangers 1755. II.

²⁾ Relation sur la mort de Mr. Richmann. Paris 1753. — An account of death of Mr. Richmann. — Phil. Transact. 1755. — Schloezer, I, 186.

sich bei der Ballonfahrt Biot's und Gay Lussac's¹⁾ am 24. August 1804, deren Hauptzweck war, die magnetischen Eigenschaften der Erde zu prüfen. Saussure hatte eine namhafte Schwächung jener auf dem 3435 *m* hohen Col du Géant gefunden. Dagegen blieb hier bis 4000 *m* Stärke wie Gesetzmäßigkeit des Magnetismus unverändert. Die Erforschung der Luftelektrizität, an sich weniger beachtet, wurde beeinträchtigt durch Wolken, welche zeitweise zwischen Ballon und Erde schwebten. Ein Draht, circa 80 *m* lang aus der Gondel isolirt herabhängend, zeigte am oberen Ende negative Elektrizität mit vielfachen Modificationen, doch im Allgemeinen mit der Höhe zunehmend. Bei der zweiten Auffahrt wurden die Drähte bald verloren.

31. Die Angaben über Luftelektrizität variiren sehr, sowohl im Spannungswerth je nach äusseren Umständen, als sogar in der Qualität, vielleicht vornehmlich nach der Prüfungsmethode. Wird die Elektrizität nach Vorgang und Auffassung Volta's in, von der Erde isolirten, feinen Spitzen guter elektrischer Leiter scheinbar aus der Atmosphäre aufgenommen, so erweist sich elektroskopisch die Ladung positiv. Verbindet man dagegen eine Metallkugel, welche isolirt an einem hervorragenden Ort im Freien steht, für kurze Zeit durch einen Draht mit der Erde, so erscheint nach Wiederaufhebung des Zusammenhanges die Kugel negativ. Bei Nebel, Thau, Regen, Schnee wird die positive Luftelektrizität meist verstärkt, oft aufs doppelte, doch nicht proportional jenen Erscheinungen.²⁾ Dichter Regen hat fast gleich-

¹⁾ Math.-phys. Cl. d. Nationalinst. 27. Aug. 1804 u. 1. Oct. — Journ. d. Phys. 12. LIX, 314. — An. d. Chim. I, II, 75. — An. d. Phys. 1805. XX, 1—18, 19—37.

²⁾ Schübler, Divergenz des Strohhalmelektroskopes bei heiterem Himmel 12°, bei Nebel 22·7°. — Schweigger, Journ. III, 1811. VIII, IX, 1813. XI, 1814. XV, 1815. XIX, 1817. LV, 1829. LXIX, 1833.

häufig positive oder negative Ladung zur Folge; Schnee letztere in etwa $\frac{1}{5}$ der Fälle. Vermuthlich sind diese Feststellungen der „Luftelektricität“ nicht rein, weil durch Verdichtung und Reibung der beteiligten flüssigen und gasförmigen Stoffe Sonderprocesse elektrischer Erregung oder Vertheilung veranlasst sein können. In der Regel ist die Lufterlektricität in den Frühstunden schwach, wächst mit allmählicher Erhebung der Sonne, erreicht zwischen 6—7^h a. m. im Sommer, 8—9 im Frühling wie Herbst, 10—11 im Winter das Maximum, beharrt hierbei kurz oder lang, sinkt dann, und gelangt zum Minimum gegen 6^h p. m. Sommers, 4—5 im Frühling und Herbst, 3 im Winter. Zwei Stunden nach Sonnenuntergang gewinnt sie oft ein secundäres Maximum. Der Anschluss dieses Ganges an die Feuchtigkeitszustände der Atmosphäre ist so gut wie unverkennbar. Die Sommerluft erscheint weit schwächer elektrisirt als die winterliche. Aehnliches folgt aus geographischen Betrachtungen.

32. Unter besonderen Umständen, welche entweder bei gewissen örtlichen Verhältnissen dauernd, oder vorübergehend durch bestimmte Vorgänge eintreten können, erreicht die Elektricität der Luft eine solche Stärke, dass sie selbst ohne besondere Hilfsmittel auffällt. Die atmosphärische Elektricität in Nordamerika findet E. Loomis zu New-York¹⁾ so ungewöhnlich stark, dass seltsame Wirkungen zu Tage treten. Besonders im Winter sind Kleider und Haare der Menschen wegen bedeutender elektrischer Ladung ohne Zuhilfenahme von weniger mechanisch, als Elektricität ableitend, wirksamem Wasser nicht zu reinigen oder zu ordnen. Bettdecken, zumal seidene, erscheinen von Lichthüllen umgeben. Katzenpelze geben beim Streicheln knisternde Funken.

¹⁾ Silliman's Journ. (2). X. 321.

In mit Teppichen belegten Zimmern können Personen, welche trockenen Fusses darauf hinglitten, aus den Thürbeschlägen Funken ziehen, das vorher angezündete, dann ausgelöschte, noch warm dem Brenner entströmende Gas entflammen, und bei Begrüssungen mit Hand oder Lippen Schläge austheilen. Die meist geringe relative Feuchtigkeit der Luft in den Vereinigten Staaten, die in besseren Häusern gern benützte Luftheizung, die Bodenbelegung mit häufig in Friction versetzter dicker Wolle mögen die auch anderwärts bekannten Erscheinungen genügend erklären. Herr J. Schneider in Emmerich¹⁾ bemerkt mit Recht dazu, dass manche dieser Vorkommnisse mit der Lufterlektrizität gar nichts zu thun haben, sondern als einfache Folgen gewöhnlicher Reibungselektrizität erscheinen.

33. Hierher gehört eine, von Herrn Werner Siemens auf der Cheopspyramide bei Cairo²⁾ gemachte Erfahrung. Atmosphärische Elektrizität war hier zweifellos betheiligt, aber von so beträchtlicher Verstärkung, dass für dieselbe wohl die ganze Eigenthümlichkeit des Schauplatzes nothwendig erscheint: der ausnehmend hohe Standpunkt auf der 500' alles Umliegende überragenden Pyramidenspitze, die grosse Trockenheit der Wüstenluft, das Wehen des Chamsin, der ungeheure Staubwolken aufwirbelte und vorbeischleppte. Entstanden durch die Reibung ebenso massenhaft als weitverbreitet bewegten Sandes, emporgehoben mit ihm durch den Wind, von der Erde isolirt mittelst trockener warmer, relativ ruhig verbleibender unterer Luftschichten konnte die Elektrizität in den oberen Regionen leicht so hohe Spannung annehmen, dass die Geräusche des „singenden Wassers“ an den Fingerspitzen entstanden, und eine metallbelegte

¹⁾ An. d. Phys. (177) 1857. CI, 309—310.

²⁾ An. d. Phys. (185) 1860 CIX, 355—359.

Weinflasche kräftig genug geladen wurde, um als wirksame Vertheidigungswaffe den Arabern gegenüber eine überraschende Rolle zu spielen.

34. Bei der grossen Wichtigkeit, welche der atmosphärischen Elektricität für viele Witterungsvorgänge zugeschrieben werden darf, mag es angemessen sein, die bemerkenswerthesten Specialforschungen über diese Frage zu beachten, obwohl, vornehmlich aus räumlichen Gründen, nicht alles registriert werden kann, was den Gegenstand berührt. Herr Edlund geht bei seinen desfallsigen Studien¹⁾ von der Erwägung aus, dass die bei praktischen Messungen herkömmlich gewordene Nullsetzung des Erdpotentiales am Beobachtungsorte untriftig sei, weil die tellurischen Ströme fast beständige Störungen des elektrischen Gleichgewichtes jeglichen Ortes verrathen, also jedenfalls dessen elektrischer Zustand mit der Zeit wechselt. Freilich handelt es sich mehr um räumliche Differenzbestimmungen des Potentiales, und der Einfluss der Erdströme ist an der Oberfläche wohl sehr schwach. Die Herleitung des Potentiales der Luft von der gesammten Erdelektricität darf daher, falls wenigstens hoch genug gemessen wird, von den Unregelmässigkeiten der Oberfläche absehen. Das Potential eines Punktes der Atmosphäre erfährt periodische wie unregelmässige Aenderungen durch die Influenz naher oder ferner Körper, wenn deren räumliche Beziehungen variiren, und wird insbesondere vergrössert bei Annäherung eines positiven oder Entfernung eines negativ elektrischen Körpers. Dellmann²⁾ concentrirt in diesen Vorgängen die Gesammtheit aller einschlägigen Phäno-

¹⁾ Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie 1878. XIII, 370—374.

²⁾ An. d. Phys. (165) 1853. LXXXIX, 258. — (167) 1854. XCI, 608.

mene, während Peltier¹⁾ für dieselben an die negative Erdladung anknüpft. Die hierbei vorausgesetzte elektrische Isolation der Erde im Weltraume bestreitet Thomson.²⁾ Hundert englische Meilen hoch habe die Luft nicht genügenden Widerstand, um die in den unteren Schichten gewöhnlich vorhandene Elektrizität vor dem Entweichen in den interplanetaren Raum zu schützen. Dagegen könnten disruptive Entladungen die Elektrizität der Erde und unteren Luft elektropolar ergänzen. Edlund meint, die Erdladung wirke unipolar inducierend auf elektrische Theilchen, welche mit der Luft von W. nach E. rotiren, so dass jedes einen zum Aequator parallelen Kreisstrom bilde. Der besagte Einfluss zerfällt in eine Normal- (*N*) und (*T*) Tangentialkraft.³⁾

$$N = (K M r \varrho \cos^2 l) / (r^2 + \varrho^2 - 2 r \varrho \sin l)^{3/2} + \\ + (K M r \varrho \cos^2 l) / (r^2 + \varrho^2 + 2 r \varrho \sin l)^{3/2} \\ T = (K M r (r - \varrho \sin l) \cos l) / (r^2 + \varrho^2 - 2 r \varrho \sin l)^{3/2} - \\ - (K M r (r + \varrho \sin l) \cos l) / (r^2 + \varrho^2 + 2 r \varrho \sin l)^{3/2}.$$

Jene ist am Aequator am stärksten, an den Polen Null, diese ist es zwischen beiden. Jene stösst die Elektrizität von der Oberfläche ab, so dass die Erde negativ, die Luft positiv wird; diese treibt die elektrischen Theilchen auf beiden Halbkugeln je nach dem Pole. Der grosse elektrische Leitungswiderstand der Luft hindert die Ausgleichung der geschiedenen Elektrizitäten. Doch findet solche zeitweise gewaltsam statt im Gewitter oder Polarlichte. Welche von beiden da oder dort erfolgt, hängt ab von der Beziehung des Erdmagnetismus zu den bewegten elektrischen Molekülen. Von jenem werden

¹⁾ Sur les causes des phén. électr. de l'atmosph., des nuages etc. — An. d. chim. et phys. (3). IV, 1842.

²⁾ Reprint. of papers on electrostatics and magnetism. 1872. London, pag. 217.

³⁾ K. Svenska Vetenskap Akad. Handlingar, XVI.

die in der Inclinationsrichtung fliegenden gar nicht behelligt. Am Aequator, wo die Nadel fast horizontal schwebt, begegnet der Bewegung der Elektricität zur Erde namhafter Widerstand. Vielmehr wird die obere Luft intensiv elektrisirt und auf den in ihr schwebenden Wolken das Potential oft gross genug, dass die Spannung in Gewittern sich entladet. Diese werden seltener und schwächer im Verhältniss, als in den gemässigten Zonen der Widerstand mit steigender Neigung der Nadel kleiner wird. Nahe den Polen fliesst die Elektricität leicht zur Erde hin, weil in der so gut wie lothrechten Inclinationsstellung die Normalcomponente der magnetelektrischen Unipolarinduction keinen Widerstand leistet. Die Entladungen treten demnach bei kleinen Potentialdifferenzen ein und erscheinen in continuirlichen Strömen oder als Polarlicht. Dessen Hauptregion bildet um den Nordpol ein Kreis, innerhalb dessen höchst schwache Spuren der atmosphärischen Elektricität vorhanden sind. Die in der Maximalzone der Aurora in localer Richtung der Inclinationsnadel statthabende Entladung der elektrischen Molekel wird von meteorischen Verhältnissen der Luft beeinflusst; desgleichen der elektrische Zustand dieser, während die feste Erde wegen guter Leitung ihrer Stoffe überall gleich stark elektrisirt gelten kann. Schwächere Entladungen geschehen in Strömen, welche in der Atmosphäre vom Aequator gegen die Pole, in der Erde von diesen gegen jenen fliessen.

35. Herr W. Thomson¹⁾ schlug auf dem internationalen Elektrikercongress in Paris vor, dass ein begrenztes Luftvolum vor fremder elektrischer Einwirkung geschützt und in seinem Potential festgestellt werde. Herr Mascart untersuchte experimentell die Vorfrage, ob die isolirte

¹⁾ Naturforscher 1883. XVI, 1. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883 XVIII, 133.

Luftmasse ihre natürliche Elektrizität genügend behält. In einem circa 1000 m^3 haltenden Hörsaal am Collège de France wurde 10 Secunden lang eine Leydener Flasche mittelst Flammenspitzen entladen, während eben solche mit einem Elektrometer verbunden waren, dessen Nadel anfangs in grosser Amplitude schwankte, nach 10—15 Minuten ein Maximum der Ablenkung annahm und aus diesem langsam zum Gleichgewicht zurückkehrte. Als das Instrument ins benachbarte Zimmer gebracht ward, blieben die ersten starken Variationen, wohl von directen Entladungseinflüssen veranlasst, so gut wie ganz weg, traten aber gegen Ende wieder schwächer hervor, wenn die Verbindungsthüre beider Räume geöffnet wurde oder Jemand bei der aufnehmenden Flamme vorüberging. Die Maximalabweichung wurde auch bei der neuen Aufstellung binnen einer Viertelstunde erreicht. Das Potential konnte auf 2000 Volts in Saales Mitte gesteigert werden, wenn die Elektrizität statt von der Leydener Flasche von einer Influenzmaschine während einer Minute hergeleitet wurde. Unter gewöhnlichen Umständen war es indess schwach und sank binnen zwei Stunden auf 0.05 des stärksten Betrages. Man darf wohl das Potential am Elektroskop proportional setzen der Luftelektrizität, welche einem Würfel eigen ist, dessen Wände aus weitmaschigem Metallgitter bestehen. Dieselben sind zur Erde abgeleitet, paralysiren also die Einwirkung äusserer elektrischer Massen, während durch das Netzwerk hinreichende Ventilation statthat, um elektrische Nebenverluste zu decken. Als die Flammen zur Abgabe wie Aufnahme der Elektrizität durch scharfe Spitzen und einen ausfliessenden Wasserstrahl ersetzt wurden, erreichte die elektroskopische Nadelablenkung später das Maximum, ging langsam zurück und war in einer Stunde auf 0.3 des grössten Werthes gefallen. Verloren geht die Elektrizität allmählich durch Neutralisation seitens der einsau-

genden Flamme, wie durch Austausch mit der äusseren Luft, vielleicht auch kleineren Theiles an berührende feste Körper.

36. Schon früher¹⁾ hatte Herr Mascart am Thomson'schen Elektrometer, verbunden mit einem Flüssigkeitsstrahle, die Luftelektricität geprüft. Von ihrem Gange versprach die alle $2\frac{1}{2}$ Minuten geschehende, automatische Aufzeichnung der Werthe eine genaue richtige Curve. Die positive Qualität wird im Allgemeinen bestätigt. Variationen hierin kommen bei trockenem heiteren Wetter so gut wie niemals, bei bedecktem Himmel selten, bei Regen fast immer vor, so dass im letzteren Falle negative Elektricität die Regel, dauernde positive eine grosse Ausnahme ist. Die Schwankungen der elektrischen Intensität sind am Tage stärker als in der Nacht. Das Maximum fällt auf 9—10^h p. m., das Minimum auf 3^h p. m. Dagegen hatten die Forschungen der Herren Denza, Everett, Quetelet²⁾ u. A. je zwei Maxima und Minima ergeben, beziehentlich bei 7^h a. m., 9^h p. m. und 3—4^h a., 3—5^h p. m. Dies erscheint in Rücksicht des Zusammenhanges der Elektricität mit der Feuchtigkeit der Atmosphäre auch wahrscheinlicher und hält Herr Hutt in Brandenburg für möglich, dass am Resultate Mascart's die Wetteranomalien von 1879 in Paris Schuld trügen. Auch Mr. Whipple fand zwei Maxima und zwei Minima.³⁾

37. Herr Dufour,⁴⁾ der zu Lausanne nach Mascart's Methode am selbstregistrirenden Elektrometer notirte,

¹⁾ Fortschr. d. Phys. 1883. XXXVI, 3. S. 340—341. — Comptes rendus. Paris 1879. XCI, 158. — Mondes (2). LII, 370, 436. — d'Almeidas Journ. VIII, 329. Octobre 1879.

²⁾ Bulletin de l'acad. de Bruxelles. XIX, 1853.

³⁾ Arch. des sciences phys. et nat. (3) X, No. 10, pag. 310.

⁴⁾ Kew Obs. 1880. — Brit. Assoc. York 1881, pag. 443.

berichtet: Bei stillem heiteren Wetter sind die Curven höchst regelmässig und constant; bei Regen oder Schnee sehr schwankend. Die oft negative Elektrizität eines wässerigen Niederschlages geht zuweilen beim nächsten, vom vorigen durch eine kurze Aufklärung getrennt, in positive über. Ein Zusammenhang der elektrischen Erscheinungen mit dem Witterungscharakter ist unverkennbar. Aeusserst bemerkenswerth erscheint der niedere Stand des elektrischen Potentials von Mitternacht bis 5^h Früh, gefolgt von raschem Wachsthum bis 7^h a. m. Man darf nicht übersehen, dass das Elektrometer mit Wasserausfluss zu Ergebnissen führt, welche nicht dem reinen Zustand der Lufterlektrizität allein entsprechen, sondern auch vom Potential derselben an der Strahlenmündung wie vom Einfluss der Luftschichten auf die fallenden Tropfen abhängen. Dies ist für die Beobachtung misslich; andererseits indess geeignet, über die räumliche Vertheilung der Elektrizität Aufschluss zu geben. Zu diesem Behuf wurde das Ende der Ausflussröhre in Mitte eines Metallwürfels mit durchlöcherten Wänden von 40 cm Seite aufgestellt. Jede Wand konnte abgenommen werden, womit eine bestimmt orientirte Gegend der Umgebung zu freier Einwirkung kam.

38. Die oben erwähnten Forschungen des Herrn Denza¹⁾ wurden zwölf Jahre fortgesetzt. Er fand beide Maxima der Lufterlektrizität durch ein Minimum getrennt, das dem Meridiandurchgang der Sonne folgt, wonach ihm die Elektrizitätserzeugung als combinirte Wirkung der Sonnenwärme und des Wasserdampfes erscheint. Im Jahresgang erreicht der monatliche Durchschnittswerth das Maximum im Februar, das Minimum im September. Im Juli und August treten durch Gewitter die meisten Störungen des regelmässigen Ganges

¹⁾ Comptes rendus. LXXXIX.

ein. Ausser diesen gewaltigen Einflüssen werden solche hergeleitet von Regen, Schnee, Nebel, Thau, Reif, Glatt-eis, Wolken und Winden, unter denen S. und SE. die wirksamsten sind. Dagegen wird auf magnetische Schwankungen und Sonnenflecken wenig Werth gelegt. In der Hälfte aller Beobachtungsfälle war bei Regen und Schnee die Elektricität negativ, welche Ladung der positiven vorauszugehen scheint. Bei heiterem oder wolkigem Himmel herrscht stets positive Elektricität, gegentheilige kann von fernen Gewittern, Regengüssen, Wolkenbildungen oder Polarlichtern herrühren. Unter normalen Wetterzuständen nimmt die elektrische Spannung mit der Höhe ab. Zur Feststellung je zweier Extreme gegenüber Mascart's einfacher Angabe mag bemerkt werden, dass des Letzteren Forschungszeit über 24mal kürzer war als die Denza's.

39. Herr R. Nahrwold veröffentlichte im Juli 1876 eine Inauguraldissertation¹⁾ über Luftelektricität, welcher einige Angaben von Herrn W. Thomson²⁾ vorausgeschickt werden. Derselbe findet die in einem Beobachtungszimmer eingeschlossene Luft meist negativ elektrisch, macht sie positiv, indem auf dem Conductor einer Elektrisirmaschine eine Weingeistlampe angezündet wird, und führt die elektrisirte Luft von einem Zimmer in das andere. Die in einer grossen Fabrik positiv vorgefundene Elektricität der Luft leitet er her von dem Dampfe, welcher aus feinen Oeffnungen in den Heizröhren der Locale strömte. Nahrwold schliesst ein Luftquantum ab in einem Eisenblechcylinder, 35 *cm* hoch, 20 *cm* weit, oben bedeckt, unten eingreifend in die mit Quecksilber gefüllte Rinne einer auf drei Stützen ruhenden Schüssel. Diese selbst lief in der Mitte ihrer concaven Wölbung nach unten in einen

¹⁾ An. d. Phys. (241) 1878. V, 460—499. (Mit 6 Zeichnungen.)

²⁾ Reprint of Papers. Chpt. 262, 283, 296, 297, 299, 300, 392, 398.

eisernen Trichter aus, dessen feine Mündung in eine Quecksilberschale tauchte. In den Deckel konnte ein Tropfapparat eingesetzt werden. Ein Ebonitstöpsel trägt einen Eisentrichter unten in eine Platinlöthrohrspitze auslaufend, oben verschliessbar durch einen eingeschliffenen eisernen Stöpsel. Daraus flossen kleine Quecksilbertropfen in die am Boden angebrachte Eisenschale. Das Elektrisieren der eingeschlossenen Luft besorgte eine Nähnadel, welche mittelst Glasröhre und Platinhülse so durch die Seitenwand isolirt eingeführt war, dass ein angelötheter, verschiebbarer, aussen geöhrter Kupferdraht die Elektrizität zuleiten konnte. Innen vergitterte Glasfenster erlaubten die Beobachtung der inneren Vorgänge von aussen. Zur Messung der Ladungen diente das Thomson-Kirchhoff'sche Quadrantenelektrometer mit einigen Abänderungen. Die Ablesungen geschahen mit 0.2 mm Sicherheit. Der abtropfende Quecksilberstrahl war vor auswärtigen Elektrizitätsmengen geschützt durch Ableitung der vorhandenen Metallmassen zur Erde. Eben deshalb hatten die inneren Elektrizitätsquanta, abgesehen von unvermeidlichen Isolatoren, nur in der enthaltenen Luft ihren Sitz. Der Tropfenapparat nahm allerdings eine schwache positive Ladung bis $7-9\text{ mm}$ Ablenkung auf, indem nach dem Contact mit dem Eisen das Quecksilber negativ abfloss, aber obige Ladung blieb während der Versuche constant, störte also dieselben nicht. Man füllte den Apparat am Fenster mit frischer Luft, lud das Elektrometer auf 20 mm und schob die Ladungsspitze mit Röhre ein. Nach den entsprechenden Manipulationen, welche der uns hier fernliegenden Versuchstechnik angehören, stieg die Ablenkung auf 100 mm , und zwar innerhalb einer Minute. Bei wiederholten Versuchen erhielt man blos 82 , dann 69 mm , 26 mm , zuletzt ganz unregelmässige Ablenkungen. Demnach veränderte sich die abgeschlossene Luft durch das Elek-

trisiren, ohne später zum früheren Zustand zurückzukehren. Der in der Luft schwebende Staub scheint hierbei eine Rolle zu spielen. Wahrscheinlich ladet sich derselbe vornehmlich bei der Elektricitätszufuhr und giebt seine Ladung an die ihn anziehenden Wände ab. Die schweren Staubtheilchen fielen bald herab und luden sich in den unteren Schichten wieder, die feineren blieben theils hängen, theils schwebten sie in die Luft zurück. Um staubfreie Luft herzustellen, wurden die Innentheile mit Ausnahme des Tropfapparates mit wasserfreiem Glycerin bestrichen. Auch jetzt zeigte sich eine erste stärkere Ablenkung, welche bei wiederholten Versuchen ziemlich regelmässig abnahm, zuletzt ganz aufhörte. Spitzen sind demnach nicht geeignet, an eine abgeschlossene Luftmasse Elektricität überzuführen, sondern nur der suspendirte Staub nimmt letztere auf. Um statt der Spitzen flammende oder glimmende Körper zu verwenden, kam in Betracht, dass solche im Raume wesentliche Aenderungen der Luft veranlassen müssen. Man benützte daher lieber elektrisch zur Gluth gebrachte Platindrähte. Die Technik der jetzt natürlich auch in den Apparaten modificirten Versuche interessirt wohl blos Sachkenner, welche bis zur Quelle zu gehen pflegen. Die am glühenden Drahte erhitzte Luft nimmt dessen elektrisches Potential an, wird also von ihm abgestossen und abgekühlt, so dass das kältere Gemeng elektrisch bleibt. Nach Thomson liegt die Temperatur, bei welcher die Luft elektrisch leitsam wird, zwischen 100^0 und der Eisenrothgluth, scheint indess letzterer Grenze näher zu stehen. Bei den Versuchen gaben sich Grössenunterschiede der positiven oder negativen Ladung kund — wohl wegen asymmetrischer Lage der Elektrometernadel. Die Elektricität strömt auch bei sehr schwacher Spannung durch den glühenden Draht schnell an die Luft über. Das Potential im Apparat nimmt sehr bald die Grösse der

benützten Elektrizitätsquelle an, schneller jedoch bei schwachen als starken Ladungen. Bei gewöhnlicher positiver Ladung der Luft bestand um $1\frac{1}{2}$ Uhr eine Ablenkung von 112 mm . Gleich nach Ableitung des Ladungsapparates sank jene und ging durch Null auf die negative Seite bis 20 mm , als der Strom der Glühbatterie geöffnet wurde. Nach drei Minuten war wieder positive Ablenkung von 22 mm vorhanden. Gleiches wurde mit Anfangs negativer Elektrizität bewahrheitet. Detaillierte Angaben der sehr umfangreichen Arbeit erscheinen hier kaum am Platze. Ein auffallender Unterschied der positiven und negativen Elektrizität zeigt sich darin, dass für jene das Ladungsmaximum viel schneller erreicht wurde und auch höher ging als bei dieser. Die Grösse der Ablenkungen erscheint nicht einfach proportional dem entsprechenden Potentiale. Ungewöhnlich starke negative Ladung beruht auf elektrisirten Staubpartikeln und war jene kleiner, wenn die Luft einem nicht heizbaren als dem geheizten Raum entnommen wurde. An heissen Tagen im Juli und August 1875 wurde zwischen 11 und 2 Uhr in einem gegen S. gelegenen Zimmer experimentirt, wobei der Luftapparat am offenen Fenster gefüllt ward. Es erschien eine mässig negative Ladung. Nach kurzer Zeit zeigte das dem Tropfapparat verbundene Elektrometer die gewöhnliche constante Ablenkung, welche beim allmählichen Abfluss des Quecksilbers in negative Ladung von $40-60-70\text{ mm}$ überging. Wahrscheinlich rieben sich die Quecksilbertropfen am sehr trockenen Staube — im feuchten Winter blieb die Erscheinung aus — und dieser blieb negativ zurück, während das Quecksilber die positive Ladung an die abgeleiteten Metallstücke des Apparates abgab. Dies stimmt zu Beobachtungen Thomson's und Dellmann's. Jener findet die Luft im Zimmer wie in den unteren freien Schichten meist negativ, und fasst dies auf als Influenzfolge höher gelegener elektrischer

Zustände der Atmosphäre. Dellmann¹⁾ weist nach den Zusammenhang starker Staubentwicklung mit auftretender negativer Luftelektricität. Dies erschwert das Studium der letzteren erheblich, weil die Elektricität des Staubes, grossentheils auf Reibung beruhend, mit der Vertheilung der atmosphärischen Elektricität gar nichts zu thun hat. Damit entschuldigen sich die recht complicirten Einrichtungen und Massregeln dieser Untersuchung, welche zuweilen das Hauptobject ausser Augen zu verlieren scheinen, doch blos Vorbereitungen weiterer Arbeiten sein sollen, für welche möglichst die Zustände hergestellt werden müssen, von denen Einfluss auf die elektroatmosphärischen Verhältnisse zu erwarten ist.

40. Herr C. Michie²⁾ Smith entnimmt einer Potentialcurve der Luftelektricität nach Beobachtungen am Dodabetta in Südindien, dass das Maximum mit dem der Wärme zusammenfällt, ein secundäres aber bei Nacht einzutreten scheine. Das Potential lag über der Norm bei Verdichtung, darunter bei Zerstreuung des Nebels (mist.)

41. Als hohe Autorität für die Frage der Luftelektricität muss Herr Luigi Palmieri³⁾ bezeichnet werden, dessen Forschungen vor mindestens 34 Jahren begannen und grösstentheils auf einem besonders interessanten Schauplatz, an der Beobachtungsstation des Vesuv durchgeführt wurden. Zuvörderst will der Nachweis erbracht werden, dass im Freien aufgestellte elektrische Leiter nicht durch Berührung der umgebenden Atmosphäre Elektricität aufnehmen, sondern mittelst In-

¹⁾ Fortschr. d. Phys. Berlin 1869. XXI, 611.

²⁾ Edinburgh, Roy. Soc. — Nature 25. VI, 1885.

³⁾ Leggi ed origine della elettricità atmosferica. — Kgl. ital. Akad. d. Wissensch. 1882. — Uebers. v. H. Discher. Wien, Pest, Leipzig 1884. Hartleben.

fluenz. Ein gewöhnlicher Blitzableiter, indess isolirt und mit einem Elektroskop verbunden, erreicht erst binnen fünf Minuten die Maximalladung. Ein elektrometrisch armirter Spitzenleiter braucht blos um einige Decimeter gehoben zu werden, um bei heiterem Wetter positive Elektrizität anzuzeigen, bei Senkung aber negative. Reibung spielt hier keine Rolle, denn sie müsste beim Heben wie Senken gleichartig wirken. Werden im Freien zwei Leiter, deren einer isolirt ein Elektroskop trägt, horizontal einander genähert, so tritt bei gewöhnlicher Witterung negative Elektrizität auf, nach Entladung und Abstandvergrößerung positive. Die Stärke der Anzeigen wechselt täglich, ja stündlich. Zur Frage, ob hierbei eine der Erde eigenthümliche Elektrizität betheiligt sei, kommt in Betracht, dass die durch Annäherung wie Entfernung erzielten elektrischen Spannungen denen durch Spitzenwirkung proportional sind; ferner dass bei regnerischem oder gewitterhaftem Wetter auf wenigen Kilometern die elektrische Qualität variirt, was jedenfalls weit besser aus Influenz als constanter Erdladung erklärlich ist. 1850 führte der Forscher die elektrisch-experimentale Benützung fallender wie steigender Flüssigkeitsstrahlen ein. Das Detail nebst zugehörigen Zeichnungen (Seite 7, 9 etc.) werde obiger Schrift entnommen. Die Methode empfiehlt sich nach meiner Prüfung besonders dadurch, dass jederzeit die gerade tatsächlich vorhandene Influenzintensität erhalten wird. Auch bezüglich des in Fig. 4, 5 etc. beschriebenen Bifilar-Elektrometers verweise ich aufs Original. Nicht zu vergessen ist bei den einschlägigen Beobachtungen Herrn Battaglini's Untersuchung über den Zusammenhang zwischen impulsiven und dauernden Ablenkungen. Obwohl dessen Formel zuverlässig erscheint, ist rathsam, in jedem besonderen Fall empirisch jene Beziehung festzustellen. Ein Apparat mit beweglichem

Conductor ist von Seite 18—25 in Fig. 6, 7, 8, ein tragbarer Seite 25—28, die Methode der Beobachtungen Seite 28—30 beschrieben. Ein Auszug würde kaum am Platze sein, weil vom Originale wenigstens die deutsche Uebersetzung leicht zugänglich erscheint und der Zweck gegenwärtiger Schrift zu jetziger Zeit nicht wohl mehr damit gefördert würde. Folgende Ergebnisse sind wichtig: Fällt im Umkreis von 70 *km* kein Regen, Schnee oder Hagel, so ist unter freiem heiteren Himmel stets positive Elektricität zu finden, während ausnahmsweise vorhandene negative auf in nicht allzu-grosser Entfernung vorhandene Niederschläge schliessen lässt. Bewölkter, doch trockener Himmel bedingt etwas schwächere positive Ladung. Ein erstes Maximum derselben fällt meist auf 9^{*h*} a. m., ein zweites, etwas höheres, oft die Nacht durchdauernd nach Sonnenuntergang, gegen Tagesanbruch einem Minimum weichend; ein zweites letzteres tritt zu wechselnder Nachmittagstunde ein. Winde, Wolken, Nebel stören mannigfach. Auffällige Abweichungen der Extreme von ihren normalen Zeitpunkten, wie in der Stärke pflegen von trüben Tagen gefolgt zu sein. Starke Thaubildung lässt auf beträchtliche und andauernde Maxima rechnen. Ueber den Höheneinfluss war nichts Bestimmtes herauszubringen. Jedenfalls dürfte an oberen Orten nicht allzeit stärkere Elektricität herrschen, denn man fand öfters, besonders bei Seenebel, an den niederen Stationen kräftigere elektrische Ansammlung. Seit 1872 ist zwischen der Universität in Neapel und dem 637 *m* hochgelegenen Vesuvobservatorium eine Telegraphenleitung eingerichtet und hiermit fast der Vergleich synchroner Beobachtungen ermöglicht. Dazu kommen die Aufzeichnungen des Herrn Brioschi auf Capodimonte und zwischen den Stationen des kleinen St. Bernard und von Moncalieri. Es ergab sich, dass die Stunden der Extreme mit den Höhen

variieren; insbesondere tritt das Frühmaximum auf dem Vesuv später, das Abendmaximum früher ein als zu Neapel. Starke Sonnenhitze vermindert in der Regel die elektrische Spannung in der Luft im Vergleich zu Frühling und Herbst. Im Winter sind die Ergebnisse schwankend und unsicher wegen der kleinen Anzahl heiterer Tage. Bewölkung beeinträchtigt die reguläre Tagesperiode der meist auch schwächeren und mehr schwankenden Elektrizität. Wochenlang auf dem Vesuv in Wolken gehüllt fand Palmieri immer positive Elektrizität, nie sehr stark, doch kräftiger entwickelt, wenn das Dach vom Dunste bis zum Abtropfen benetzt wurde. Bei Regen wie in dessen nächster Umgebung steigt die atmosphärische Elektrizität namhaft an und sinkt erst wieder nach dessen Aufhören. Die elektrische Qualität wechselt hier öfters, worüber der Forscher 1854 das später durch Quetelet bestätigte Gesetz aussprach, dass am Orte des Regens reichlich positive Elektrizität vorhanden ist, von breiter Zone stark negativer Elektrizität umgeben; diese wird umschlossen von einer Peripherie positiver Elektrizität, welche nach aussen hin schnell abnimmt. Man constatirt dies am besten, wenn an einem Orte mit freiem Horizont beschränkte Sommerregen fallen. Tritt negative Elektrizität während eines Localregens auf, so regnet es sicher in der Nachbarschaft viel stärker. Dass jene Ladung von diesem und nicht vom schwächeren örtlichen Regen her stammt, leuchtet aus ihrer Verstärkung hervor beim Aufhören des letzteren. Gewitterregen unterscheiden sich vom vorigen in nichts; nur sind die Zonen ausgedehnter und die elektrischen Entwicklungen stärker, so dass sie sich oft in Blitzen entladen. Letztere setzen stets einen starken Platzregen in der Nähe des Beobachtungspunktes voraus; und ihre Erscheinung ist wahrscheinlich begründet in rascher Verdichtung der Wolken zu Wasser. Bloss dass dieser Process sehr schnell und energisch hinter-

einander geschieht, unterscheidet eine Gewitterwolke von einer gewöhnlichen. In Italien ereignen sich derartige Acte bei sonst heiterem Himmel und trockener Luft, kurz aber heftig, unter einbrechendem Nordwind, während im Winter Südwind den Regen bringt. Stärkste und häufigste Gewitter erscheinen gerade in Minimalperioden der atmosphärischen Elektricität, welche bei Bildung von Nebel und Wolken allmählich wächst, ihr Maximum aber bei Auflösung jener in Regen erreicht. Ungewöhnliche Steigerung der Luftelektricität lässt auf baldige Wolkenbildung rechnen; deren elektrische Ladung übertrifft kaum die der umgebenden Atmosphäre; sie entfaltet erst höhere Spannung beim Uebergang ins Tropfbare. Bei fernen Gewittern, deren Donner man gar nicht hört, verräth das Elektroskop deren Existenz so genau, dass jeder an der Beobachtungsstelle nicht einmal sichtbare Blitz Divergenz der Goldblättchen hervorruft, was in der Nacht am weiterreichenden Schein der elektrischen Entladung erkennbar wird. Beim Vorübergang der Gewitter wechselt die elektrische Qualität. Das nahende Gewitter giebt starke positive Elektricität ab, dann, den Nullpunkt passirend, negative. Darauf kommt die positive Phase des Regens, welche bei dessen längerer Dauer mehrmal mit der negativen vertauscht werden kann. Ist derselbe sehr reichlich, so können die elektroskopischen Zeichen kräftig sein, ohne dass es zu Blitzen kommt. Diese setzen schnelle wässerige Auflösung der Wolken in relativ trockener Umgebung voraus. Sehr starke elektrische Ereignisse, welche den Wirkungskreis des Bifilarelektrometers überschreiten, finden fast nur auf beschränktem Gebiete von höchstens anderthalbhundert Kilometern Durchmesser statt, meist mit Hagel oder je nach der Jahreszeit Regen und Schnee. Den grössten Zeitraum zwischen Blitz und Donner stellen die Eigenbeobachtungen des Forschers auf 59 Secunden fest, was einem Abstand von 21 *km*

entspricht. (Ich beobachtete als Maximalfrist 73 Sekunden.¹⁾ Wetterleuchten ist stets auf ferne Blitze zu beziehen. Der ausgezeichnete Standpunkt für Palmieri's, eines echten Helden der Wissenschaft, Beobachtungen ermöglichte ihm solche von einzig dastehender Art. Blitze im Rauche des Vesuv erwähnt zuerst Plinius junior. Unser Forscher sah solche 1861 und 1872, keineswegs aber bei allen Ausbrüchen. Wie es scheint, ist reichlicher Auswurf von Sand und Asche Bedingung zu jenen, der in den Rauchwolken verdichtete Wasserdampf ist stets stark elektropositiv, besonders indess war es der Fall 1872, wo der Rauch dem Observatorium zuwehte. Dabei liefen häufige Wechsel der Qualität wie Intensität unter, weil vermuthlich bei bedeutender Verringerung der inducirenden Elektrizität die ungleichnamige Ladung in den stabilen Leitern auftrat. Die Asche nahm bei Annäherung an die Erde negative Elektrizität an; dies wurde schon im Beginne dieses Jahrhunderts von den Herren Cagnazzi und della Torre gefunden. Aehnliches zeigt übrigens irdischer Staub, wenn er vom Winde emporgewirbelt langsam herabsinkt. Volta's Ansicht, die Ursache der Luftelektrizität liege in der Verdampfung des Wassers, dessen flüssiger Rückstand negativ, der aufsteigende Dunst positiv elektrisirt werde, sucht Palmieri experimental darzuthun. Schwache Verdunstung erzeugt keine nachweisbare Elektrizität, der reichliche Dampf beim Sieden zwar viel, aber er absorbirt bei seiner Ausdehnung dieselbe grossentheils. Daher wurde der Sphäroidalzustand der Wassertropfen beim Leidenfrost'schen Versuch benützt oder mittelst einer Linse von 30 cm Durchmesser Sonnenhitze auf in einer Platinschale enthaltenem Wasser concentrirt, dessen Dampfbläschen sofort von der Fläche

¹⁾ Hoh, Compend. d. Physik. Erlangen 1866. Ferd. Enke, Seite 225.

entwichen, wonach am Becher negative Elektricität constatirt ward. Die Hauptrolle spielt indess die Verdichtung des Dampfes.

42. Herrn S. Lemström's¹⁾ Untersuchungen über den elektrischen Erdstrom, die elektrische Strömung in der Luft und die am Entladungsapparat erzeugten Lichterscheinungen betrachten wir hier, wenn auch mit einigen Wiederholungen, im Zusammenhange. Die Forschungen fanden ihr Ende am 22. August 1884. Vom Erdstrom wurde § 22 das Nöthige gesagt und ist blos noch einmal auf dessen nördliche (oder südliche) Gürtelbegrenzung bei 68° hinzuweisen. Die elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre werden gleichfalls als Ströme aufgefasst. Die erste hierauf bezügliche Erfahrung machte der Forscher 1868 bei der schwedischen Polarexpedition. 1871 stellte er Prüfungen an der Kirche von Enare an, wies aber mittelst eines kleinen Entladungsapparates wegen äusserer Hindernisse den Strom blos unsicher nach. Ausgedehntere Versuche auf der Sodankylae-Expedition 1882—83 zeigten einen von der Luft zur Erde gehenden Strom. Auf dem 1000' hohen Gipfel des Orantunturi, später am Berge Pietarintunturi bei Kultala, wurden die in § 16 nebst ihren Erfolgen beschriebenen Vorrichtungen angebracht. Die Berührung der Zinkplatte in der Erde mit Wasser wirkte vermuthlich elektromotorisch, wodurch der eigentliche Lufterdstrom gestört werden mochte. Man traf daher bessere Massregeln. Auf dem Berge Komattivaara, von Sodankylae 6 km entfernt und 130 m hoch, wurde ein Eisendrahtnetz mit 0.5 m hohen Spitzen auf Mascartschen Isolatoren über einer Fläche von $364 m^2$ aus-

¹⁾ Resultate der wissenschaftl. Expedition nach Sodankylae. — Nature 19. II, 1885. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 148—150.

gebreitet. Davon geht zur Erdzinkplatte ein Leitungsdraht, in welchen ein Galvanometer eingeschaltet ist, dessen Ausschläge mit denjenigen verglichen werden, die bei Zu- oder Gegenschaltung eines Leclanché-Elementes zu Stande kommen. Gleiche Veranstaltung ward getroffen in Kultala und in drei getrennten Entladungsapparaten auf Pietarintunturi, die beziehlichen Höhen waren 324, 334, 246, 253 *m*. Zwei Saug- und Sammelnetze in nahe gleicher Höhe gaben keinen Strom. Bei 10 *m* Höhenunterschied und 349 *m* Abstand ging er stets vom höheren zum tieferen Ort durch die Luft, mit Schwankungen der elektromotorischen Kraft binnen vier Tagen um 0·3—0·05 Volt, die der Erde nächste Luftschicht ist positiv elektrisch; das Potential nimmt bis 1 *m* hoch ab zu einem Minimum und steigt von da in schnellerem Verhältniss als die Höhe. — Die Lichterscheinungen wurden wegen meist trübem Wetter und häufigem Schnee selten und dürftig gesehen, konnten aber manchmal im Spectroskop constatirt werden. Ein Resumé der Resultate hält Lemstroem für schwierig; formulirt es indess dahin: das Nordlicht entsteht durch elektrische Ströme in der Luft; die Nordlichtströme sind physikalisch messbar; die Gürtel des Erdstromes und Nordlichtes haben ähnlichen Verlauf.

43. Herr Jordan¹⁾ unterstellt die Ansichten der Herren Gerland, Palmieri, Hoppe etc. im Vergleich zu seinen eigenen über die Entstehung der Luftelektricität einer gründlichen Untersuchung. Am häufigsten erscheint die Berufung von Reibungsprocessen der die Luft durchfallenden Regentropfen, oder der in ihr verdichteten Wassermolekel. Der Condensationsvorgang selbst bleibt für Hervorrufung der Elektrizität ohne jede

¹⁾ Mtlg. Zeitschr. v. Koeppen. II, 11. — Gaea 1885. — Naturforscher 1886. XIX, 29–30.

experimentale Analogie. Die Friction des Wasserdunstes an festen Körpern könnte sich nur in höchst beschränktem Masse äussern. Ebenso verhält es sich mit der Reibung des aufsteigenden Luftstromes an den Rändern der Gewitterwolken oder derjenigen an den Berührungswänden warmer und kalter Winde. Andries¹⁾ erklärt die Verdichtung des Wasserdampfes nicht für die Quelle, sondern als Concentrationsfolge der an den Wasserkügelchen haftenden negativen Elektricität; letztere besitzen auch die meisten Wolken und wässerigen Niederschläge. Gewöhnlich wird das atmosphärische Wasser durch Reibung gegen die Luft positiv und diese negativ, während die Friction an festen Stoffen bloß bei vulcanischen Gewittern wirkt. Die elektroskopisch nachweisbare positive Elektricität wird vom Wasser übertragen; die negative braucht nicht, wie Palmieri will, bei starken Niederschlägen in der Nachbarschaft durch Influenz zu entstehen, sondern ist durch Reibung erzeugt, und nur gewöhnlich wegen geringer Leitungsfähigkeit der Atmosphäre nicht erkenntlich. Letzteres geschieht indess, sobald, wie im Sommer, Verdunstung und Beweglichkeit der Wassertheilchen gesteigert wird, welche die obere Luft verdichtet weiter führt. In diesem jedoch seltenen Falle kann die negative Ladung vorübergehend stärker hervortreten, als die regulär vorhandene positive Elektricität.

3. Elektricität der Wolken.

44. Da die Atmosphäre fast nie ganz frei von wässerigen Condensationsproducten ist, musste der jetzige Gegenstand schon öfter berührt werden. Die stärkeren Entladungen der atmosphärischen

¹⁾ An. d. Hydrographie u. maritimen Meteorologie 1884—1885.

Elektrizität sind an einzelnen Orten selten, im Ganzen aber auf der Erde wahrscheinlich häufig genug, dass jederzeit irgendwo im Luftkreis eine solche in verschiedentlicher Form vorgeht. Wenn diese Ereignisse, kräftig in die Sinne fallend und oft von sehr erheblichen Einflüssen auf das allgemeine wie besondere Leben den Anlass bildeten, überhaupt mit den elektrischen Eigenschaften der irdischen Stoffe in natürlichem, vom Experimente mehr oder weniger unabhängigen Zustande sich zu beschäftigen, so ist umgekehrt in den Ergebnissen der hierauf bezüglichen Forschungen das Material aller Erklärungsversuche jener gewaltigen Phänomene zu suchen. Vor Allem ist überraschend, dass auf beschränktem Schauplatz und in kurzer Zeit unter keineswegs immer ganz übereinstimmenden Bedingungen Spannungen der Elektrizität zu hohem Masse anschwellen, welche bei anscheinend nicht sehr abweichenden Umständen in kleinen Einzelwerthen langsam entstehen und ebenso allmählich sich ausgleichen. Und doch muss in diesen, einzeln unbedeutenden Vorgängen die Quelle der verheerendsten Gewitterstürme gesucht werden. Deren als zweifellos anerkannte elektrische Natur darf und muss nach physikalischen Analogien behandelt werden. Man wird also zuvörderst fragen, wo die Sammelstellen der zeitweise plötzlich entladenen Elektrizität sind. „Blitze aus heit'rem Himmel" sind, buchstäblich genommen, der Poesie, aber nicht der Physik gestattet. Wenigstens müssten die von letzterer erforschbaren Voraussetzungen mächtiger elektrischer Funken von ganz aussergewöhnlicher, so gut wie unerhörter Art sein, um die, vom Gleichniss verwertheten Vorkommnisse zu ermöglichen. Die Gewitterwolke, sei dieselbe auch von ganz localvulcanischer Entstehung, wird von der Erfahrung als Sitz und Ausgangsstelle aller einschlägigen Prozesse dargethan. Wird in ihr, wie nach

experimentalen Analogie kaum vermeidlich erscheint, eine für einige Zeit vor dem Abströmen gesicherte Sammlung elektrischer Kräfte angenommen, so handelt es sich ersichtlich um zwei Fragen; einmal: Woher kommen dieselben in solcher Fülle, dass ein begrenztes Gebiet von Luft oder Condensationsproducten in ihr eine starke, die desfallsigen Zustände der weiteren Umgebung beträchtlich übersteigende Ladung gewinnt? Dann: Wie gelingt deren Isolation auf so lange, bis der gewaltige Schlag das bedeutend gestörte Gleichgewicht der Kraftvertheilung, mindestens momentan und örtlich, wieder herstellt? Diese Probleme können ersichtlich blos in Berücksichtigung der gewöhnlichen Luftelektricität verhandelt werden. An diese knüpfen alle Theorien einer elektrischen Ladung der Wolke und ihrer Ausflüsse an. Elektricität der Wolke und der Luft differiren nur quantitativ und greift ihre Untersuchung vielfach ineinander.

45. Eine der frühesten Sonderuntersuchungen „über den elektrischen Zustand der Gewitter- und Regenwolken“ machte G. F. Dellmann, auch sonst mit atmosphärisch-elektroskopischen Arbeiten vielfach erfolgreich beschäftigt.¹⁾ Herr Palmieri fand durch regelmässige Beobachtungen am Vesuvobservatorium Gewitter- und Regenwolken in der Mitte positiv, an den Rändern negativ elektrisch. Die Feststellung wurde erleichtert durch die hohe Lage des Beobachtungsortes, wahrscheinlich auch durch die von den meteorischen Localumständen begünstigte Wolkenbildung. Da letztere der Sommer 1857 in Südwestdeutschland nachzuahmen schien, suchte Herr Dellmann in Kreuznach jene Angaben zu prüfen oder zu ergänzen. Er fand, wie bei früheren selteneren Gelegenheiten, oft einen Wechsel

¹⁾ An. d. Phys. (179) 1858. CIII, 166—171.

in der Elektrizität der Luft. Unter Anderem ergab sich am 11. Juni um 2^h p. m. das auffällige Quantum $+1200 E$ (in Spannungen eines Elementes *ZkCu* ausgedrückt), das Monatmittel der Zeit um mehr als 1120 übersteigend, doch wenige Minuten nach 3^h, bei veränderter Himmelschau, auf -43.9 zurückgegangen. Das positive Maximum entstammte den Centraltheilen einer schwach nordwestlich vom Zenith stehenden Wolke. Im Fortschreiten derselben durch Westwind vermindert sich der Einfluss allmählich, geht auf 0 herab und schlägt unter den peripherischen Wolkenpartien in $-E$ über, doch mehrmals zu Null zurückkehrend, weil vermuthlich die positive Lufterlektrizität die negative des Wolkengürtels neutralisirte. Die positive Elektrizität des Centrum's scheint dichter zu sein, die negative weiter flächenhaft über die Randzonen verbreitet. „Die entgegengesetzt elektrischen Zustände der Wolken nehmen nach den Rändern hin ab und gehen durch Null ineinander über.“ Später¹⁾ constatirt Herr Palmieri an seinem atmosphärischen Elektroskop mit beweglichem Conductor, dass eine stark positive Ladung der Wolke und eine negative in der Umgebung erst merkbar wird, wenn Niederschläge sich einstellen, deren Voraussetzung: die Verdichtung des Wasserdampfes, die eigentliche Quelle der Elektrizität und Erzeugerin der vorher nicht an der Wolke vorhandenen Spannung zu sein scheint. Dagegen erklärt Herr Dellmann²⁾ alle Wolken für elektrisch, und zwar mit zonenweiser Vertheilung der Elektrizitätsart — positiv im Centrum, negativ an der Peripherie, mit abnehmender Dichte gegen den Rand hin. Allen Entladungen folgen sprungweise Wechsel der elektrischen Quantität. Die

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1870. V, 306, 329.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1870. V, 145—160. — Fortschr. d. Phys. 1875. XXVI, 885.

Schlüsse sind Beobachtungen zu Kreuznach entnommen, mit elektrischer Messung oft weit vorüberziehender Wolken, ohne Berücksichtigung der möglicherweise zwischenliegenden Luftelektricität. Diese bringt Palmieri stets in Rechnung mittelst Battaglini's Formel zwischen Nadelausschlag α und definitiver Elongation β , lautend:

$$(\beta - \alpha) \times \alpha / \beta = tg \frac{\alpha}{2}$$

46. Die Verdichtung des Wasserdampfes bezeichnet auch Herr Wettstein als Ursache der Gewitter.¹⁾ Dabei muss viel Wärme frei werden, welche weder durch Leitung noch Strahlung entweichen kann, weil einerseits in der umgebenden Luft fast ein thermischer Isolator, andererseits gewöhnlich über der Gewitterwolke eine schützende Cirrusdecke vorliegt. Auch der aufsteigende Luftstrom oder die Mengung horizontaler Winde von sehr verschiedener Temperatur, ebensowenig das Zerreißen und Zusammenfliessen der Nebelbläschen, oder der den erwähnten Acten entsprechende Niederschlag kann den in Frage stehenden grossen Wärmeverbrauch bewerkstelligen; denn es sprechen triftige, hier zu fern liegende Gründe der mechanischen Wärmetheorie dagegen. Die höhere Temperatur eines Körpers wirkt auf andere in dreifacher Weise: bewegend in grobsinnenfälliger Art als materielle Arbeit, oder erwärmend in angeregten Schwingungen der Moleküle wie des Aethers, oder endlich elektrische Kräfte befreiend. Da im gegebenen Falle die beiden ersten Arten des Wärmeverbrauches nicht statt haben, ist die letzte um so annehmbarer, als sie experimentellen Bedingungen nicht widerspricht. Der Umsatz der Wärmevibrationen in Elektricität löst gleichzeitig den positiven und negativen Bewegungszustand derselben

¹⁾ Wolf, Zeitschr. 1869. XIV, 60—103. — Fortschr. d. Phys. 1875. XXVI, 891.

aus, von denen der zweite auf die Wassertheilchen übergeht, der erste erfahrungsgemäss an die Luft gebunden ist. Von der Gewitterwolke nehmen die Regentropfen die negative Elektrizität fort, kühlen, durch die wärmere Luft fallend, diese bis zur Condensation des Wassergehaltes ab, und verdicken so die Wolke nach abwärts. Schwach oder gar nicht elektrisirte Luftschichten können vom negativen Regen in diesem Sinne geladen werden — wie denn wirklich an vielen Gewitterwolken abwechselnde Elektrizitätsarten unter- oder mittelst Verschiebungen durch den Wind nebeneinander gefunden wurden. Der Regen selbst, allmählich seine negative Ladung zur Sättigung entgegengesetzt qualificirter Luftmassen abgebend, kann schliesslich positiv zur Erde kommen. Entladungen setzen stets gesteigerte Elektrizitätsbildung, also beschleunigte Wassercondensation voraus. Jene sind nie so vollständig, dass nicht der Gewitterwolke ein grösserer oder kleinerer elektrischer Rückstand bleibt, welcher die Ursache der normalen Luftelektrizität sein könnte. Die Umsetzung von Wärme in Elektrizität erscheint allerdings physikalisch nicht unmöglich, ist aber auf diesem fast unvermittelten Wege schwer annehmbar.

47. Umgekehrt leitet Herr Behrens¹⁾ die elektrische Ladung der Gewitterwolke von der Luftelektrizität her. Alle Dunstbläschen des in einem bestimmten Luftgebiet verdichteten Wasserdampfes nehmen etwas von der atmosphärischen Elektrizität auf, deren Dichte sich im Verhältniss des Zusammenrinnens grösserer Tropfen verstärkt. Ausserdem steige die Spannung durch Einengung der Tröpfchen mittelst peripherisch zutretender Dampfmassen. Das anfangs vorhandene elektrische Gleichgewicht kann irgendwo durch einen zufälligen Anlass besonders thermaler Art leicht so gestört werden,

¹⁾ Ausland 1872. S. 769—774.

dass die stärkeren Ladungen einzelner Stellen auf schwächere wirken und schliesslich die Elektricität der Wolke an ihrer Oberfläche vereinigt wird. Je nach der Schnelligkeit und örtlichen Vertheilung der Condensationsacte kommt es zu mehr oder weniger gewaltsamen Entladungen.

48. Herr A. Mühry¹⁾ erklärt die Wolken als „Conductoren und Collectoren für die an der Erdoberfläche durch die Insolationswärme gebildete Elektricität.“ Zu eigentlichen Gewitterwolken werden sie erst in warmer feuchter ruhiger Luft, deren thermisch erregter aufsteigender Strom zu jenen hohen Spitzen emporstrebt, welche von der Elektricität besonders gesucht sind. Unter Einwirkung letzterer soll sich die Wolke aufblähen; ein einigermaßen bedenklicher Punkt der Theorie, welche wohl mehr „zur orographischen Meteorologie“ als im Allgemeinen passt. Gesteht man diese Ausdehnung zu, so erscheint das Uebrige in naturgemässer Folgerung. Wärmebindung und Erkaltung, peripherischer Nebelansatz, Wölbung, Zerklüftung, Zacken- und Fetzenbildung an der Oberfläche, hiermit verschieden localisirte elektrische Qualität, Niederschläge, namentlich in Hagelform, und bestimmt orientirte Sturmwinde sind physikalische Glieder des Phänomens.

49. Auch Herr O. Reynolds²⁾ betrachtet die Gewitterwolke ähnlich dem Conductor der Elektrisirmaschine als einen Leiter von continuirlicher Masse in isolirender Umgebung. Dieses bestreitet mit Recht Herr Dr. Hutt in Brandenburg³⁾ mit dem Hinweis, dass die Blitze

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1873. VIII, 305. — Fortschr. d. Phys. 1878. XXIX, 996.

²⁾ Proceed. Manchester 10. XII, 1872. — Chem. News. XXVII, 9—11.

³⁾ Fortschr. d. Phys. 1878. XXIX, 999.

nicht nur von der Oberfläche, sondern aus allen Theilen der Wolke kommen; und Herr Raillard¹⁾ mit der Gegenangabe, dass dieselbe aus sehr vielen discreten Leitern, den einzelnen Wassertropfen oder Dunstblasen, bestehe. Die Wolke ist für Herrn Reynolds keineswegs an sich mit Elektrizität geladen, sondern muss sie von auswärts, also vermuthlich vom festen Erdkörper oder aus der elektrisirten Atmosphäre erst beziehen, was ihr durch ihre natürlichen Eigenschaften sehr leicht gemacht sei. Wäre sie nun einmal elektrisch, so genüge die oberflächliche Verdunstung, um ihren Umfang so weit zu verkleinern, dass die elektrische Spannung bis zur freiwilligen Entladung im ausgebrochenen Gewitter steige. Unter dem hier einschlagenden Titel: „Rain-clouds and atmospheric electricity“²⁾ geben die Herren Ayrton und Perry eine Arbeit, welche indess zum Gewitter oder dessen Wolken nur in höchst mittelbarer Beziehung steht. Sie suchen für die Erdströme eine kosmische Quelle, indem deren Stärke unter der Annahme, dass sie von der planetarischen Rotation um die Sonne veranlasste Inductionerscheinungen seien, mathematisch erforscht wird. Mechanisch oder thermal hervorgebrachte Aenderungen im atmosphärischen Zustand beeinflussen das elektrische Potential der Erde. Umgekehrt können aus diesem wie der Lufterlektrizität meteorische Vorgänge erschlossen werden.

50. Herr W. Spring³⁾ leitet die Elektrizitätsbildung bei Gewittern vom Hagel ab, welcher vielleicht nicht direct beobachtet wird, jedenfalls aber in irgend einer Region zur Ausscheidung gelangt. Der Forscher befand sich in einer 2198 *m* hochgelegenen Senn-

¹⁾ Mondes (2). XXX, 168—172.

²⁾ Phil. Magz. (5). XXX, 197.

³⁾ Bulletin de l'Académie royale de Belgique. 3, IV.

hütte auf dem Ewigschneehorn. Nicht ein Regentropfen, sondern eine grosse Menge trockenen Hagels prasselte aufs Dach, bei jedem Blitze vermehrt. Nach halbstündiger Dauer des Gewitters mässigte sich der Schossenfall und ging mit allmählichem Nachlass der elektrischen Entladungen in Regen über. Die Elektricität scheint an der Oberfläche der Hagelkörner gehaftet zu haben, von einem tief unter Null erkalteten Medium umgeben. Beim Emporsteigen vom Tosafalle zum Giacomopasse gelangte er aus starkem Regen in mit kalten Tropfen gemischten Hagel. Ein heftiges Gewitter veranlasste ihn zum Eintritt in eine Sennhütte, die er erst nach Verzug desselben verliess. Jetzt waren alle Berge mit einer dicken Schichte von Hagelkörnern bedeckt, in deren trockener Bildungszone jenes Gewitter entstanden sein mag. Um nachzuweisen, ob die Reibung trockenen Eises mit der Luft Elektricität entbinde, wurde ein Versuch gemacht, der keinesfalls beweiskräftig ist, weil das Eis ganz ausser Spiel blieb. Spring liess nämlich trockene Luft gegen den Knopf eines Goldblattelektroskopes strömen, dessen Blätter je nach dem Drucke um $30-50^{\circ}$ divergirten. Die Ausweichung erschien nicht constant, sondern sank oft bis auf Null, um bald wieder zu steigen. Dies scheint auch in der Natur zu geschehen, indem zeitweise die entgegengesetzten Ladungen der Wolke sich ausgleichen.

51. Herr Werner Siemens¹⁾ hält mit Peltier und Lamont an der negativen Erdladung fest, leitet jedoch die Gewitterelektricität von der Sonneninfluenz her. Diese agire ganz in der Weise, wie zwei Kugeln aufeinander wirken, deren eine elektrisch ist. Auf der vorher nicht elektrisirten wird die mit der Ladung des einwirkenden Körpers gleichnamige Elektricität abgeführt, sofern die Umgebung leitend ist. Sind

¹⁾ Natur, Halle 1886. XXXV, 314—316. (Walterhöfer.)

dagegen Theile derselben bessere Leiter, so geht auf diese die abgestossene Elektrizität über. So werden von der positiv elektrischen Sonne aus die, Bergspitzen so gut wie berührenden, Wolken positiv elektrisirt, während die Erde negativ geladen wird. Völlig in hoher Atmosphäre isolirt werden dagegen die Wolken durch tellurische Influenz an der unteren Fläche mit der entgegengesetzten Elektrizität der festen Erde geladen, oben mit gleichnamiger. Die Entstehung der Wolken ist von der Elektrizität unabhängig und blos von auf- und abgehender Luftbewegung bedingt.

52. Herr E. Hoppe¹⁾ glaubt, wohl nicht mit Unrecht, dass hier die specifisch meteorologischen Umstände zu wenig beachtet seien, die Besonderheiten der luftelektrischen Vorgänge aber aus einfach solarem Ursprung nicht im Detail erklärbar schienen. Er nimmt die Verdampfung des Wassers an der Erdoberfläche und die damit verbundenen Reibungen der beteiligten Stoffe zum Ausgangspunkt. Dies that schon Pouillet,²⁾ dessen Meinung, dass die Wasserverdunstung der Luft und den Wolken Elektrizität übergebe, Reich³⁾ dahin modificirt, dass jene für sich keine merkliche elektrische Kraft entbinde, sondern blos, wenn sie beim Sieden erfolge; dann aber wahrscheinlich durch die Reibung der heftig bewegten Flüssigkeits- und Dampftheilchen unter sich wie an den Gefässwänden. Zu dieser Quelle der Luftelektrizität kehrt zurück Le Goarant de Tromelin,⁴⁾ welcher, die einfache langsame Verdunstung auch als wirkungslos erklärend, die Wassertropfen durch den

¹⁾ Tageblatt der LVII. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Magdeburg 1884.

²⁾ An. d. chim. et d. phys. 1827. XXXV, XXXVI.

³⁾ Elektrische Versuche. — Sächs. Ges. d. Wissensch. 1846.

⁴⁾ Comptes rendus 1884. XCVIII, 248.

sie peitschenden Wind elektrisiren lässt, dabei aber an eine Analogie mit der Armstrong'schen Dampfelektrisirmaschine denkt. An dieser wird durch Reiben von flüssigem und gasförmigem Wasser das letztere positiv, ersteres negativ. Steigt, wie Herr C. Liebenow weiter ausführt, in der Atmosphäre feuchte Luft auf, so wird sie abgekühlt, aber wegen Verflüssigung des Dunstes durch befreite Wärme zu fernerm Steigen veranlasst. Die feineren Tröpfchen nehmen an letzterer Bewegung Theil, die gröberen sinken herab, womit Gelegenheit zu Elektricität entbindender Reibung genug vorhanden ist. Herr Hoppe stützt seine Ansicht durch die zeitliche Anordnung der Extreme. Das erste Minimum vor, das erste Maximum nach Sonnenaufgang entsprechen dem Mangel und Eintritt der Verdunstung. Das zweite Minimum erklärt sich aus mit wachsender Wärme steigender Trockenheit, das zweite Maximum aus abendlich vermehrter Condensation. Niederschläge, Nebel, Höhenrauch, Staub veranlassen Aenderungen. Den Elektricitätsmangel bei heiterem Himmel und starkem Winde kann man verständlich machen in der Weise, dass in bewegter Luft die kleinen, beim Losreißen von der Erde durch Reibung elektrisirten Dunsttheilchen bald andere Punkte der Oberfläche berühren und neutralisirt werden. Von Gewittern unterscheidet Hoppe örtliche und allgemeine; jene beeinflussen das Wetter wenig, indem sie meist schleunig wegziehen. Sie entstehen, wenn eine Gegend mit ruhiger Luft intensiver Sonnenerwärmung ausgesetzt ist. Der aufsteigende Luftstrom ist mit Wasserdampf nahezu gesättigt, welcher in den höheren Schichten theilweise verdichtet wird. Er hat positiv elektrische Ladung, während der herabsinkende kältere Luftstrom negativ wird. Die allgemeinen, d. h. weiter verbreiteten Gewitter leitet Hoppe her aus den ausgedehnten Strömungsverhältnissen der atmosphärischen Luft, wenn ein warmer Luftstrom

schnell mit einem kalten sich mischt, wobei unter starker Reibung viel Wasserdampf verdichtet wird. Zum experimentalen Beweis der Theorie liess er feuchte stark erwärmte Luft von solcher, um $10\cdot5^0$ C. kälteren durchströmen und constatirte desfalls am Elektrometer Ladungen.¹⁾

53. Herr Tait²⁾ kehrt neuerdings zur elektrischen Verdunstungstheorie zurück. Wasserdampf von irgend welcher Spannkraft, und atmosphärische Luft, in welche jener diffundirt, können durch Berührung, gleich Volta's trockenen Metallen, Elektrizität entbinden; allerdings im Einzelnen von höchst geringfügigem Potential, das indess, wenn es von gleichnamiger Beschaffenheit ist, bei Vereinigung von 300 Trillionen Dunsttheilchen, welche nach der kinetischen Gastheorie in 1 Kubikzoll gesättigtem Wasserdampfe bei gewöhnlichem Barometerstand enthalten sind, zu einem Regentropfen von $\frac{1}{1600}$ Kubikzoll auf den 50billionenfachen Werth käme. Die von Blake, Kalischer u. A. gemachten Versuche, welche bei Verdampfung wie Verdichtung des Wassers nie Elektrizität gaben, seien für die Frage in zu kleinem Massstabe gemacht; denn unter obigen Zahlenverhältnissen könnte die Ladung weniger Kubikfusse feuchter Luft auch am empfindlichsten Instrumente nicht zur Wahrnehmung gelangen. Seine eigenen Versuche hält der Forscher blos deshalb nicht für endgiltig befriedigend, manchmal sogar für resultatlos, weil die schon

¹⁾ Dufour bildete künstlich Luftelektrizität, indem aus 5—15m Höhe fein zerstäubtes Wasser fiel, das namentlich bei Staubgehalt der Luft elektrisirend wirkte. Rauch aus qualmendem feuchten Stroh gab positive Elektrizität mit Schwankungen bei Windstössen. Dampfwolken waren von ähnlichem Effect, plötzliche Wasserverdichtungen erfolglos.

²⁾ Nature, 27. März 1884. XXIX, 517.

1875 von der k. Gesellschaft in Edinburgh erbetene Grossartigkeit der Einrichtungen fehlte. Es wollte namentlich geprüft werden, ob die Condensationsflächen elektrisch würden, und ob entgegengesetzt elektrisirte, sonst gleiche Platten verschiedentlich Wasser anlagerten.

54. Am 29. Januar 1880 hielt Herr Tait in der City Hall zu Glasgow¹⁾ einen Vortrag über „Thunderstorms“, welcher zwar populär ist, aber doch bemerkenswerthe Beiträge zu unserer Frage liefert. Er sieht die elektrische Erregung bei Gewittern begründet im Zusammenstoss der Wasser- und Luftmoleküle. Jedes einzelne hierbei zu Stande gebrachte Potential ist freilich geringfügig; fliessen aber viele Wasserkügelchen in einen Tropfen zusammen, so steigt jenes erheblich, weil der Inhalt im Cubus, die für die elektrische Verbreitung massgebende Oberfläche jedoch im Quadrate wächst. Es fällt allerdings schwierig, die Vereinigung elektrisch gleichartig vorausgesetzter Moleküle gegenüber der elektrischen Abstossung zu begreifen; möglich wäre indess, dass in einer homogenen, aus Luft- und Wasserpertikeln gebildeten Wolke die entgegengesetzten Ladungen derselben sich in ihren Anziehungen und Abstossungen ausgleichen.

55. Die Herren Julius Elster und Hans Geitel²⁾ kamen bei Untersuchungen über „Elektricitätserregung durch Reibung feinzerstäubter Flüssigkeiten an festen Körpern von verschiedener Temperatur“ zur Erfahrung, dass alle in einem Luftstrom suspendirten Stoffe höchst empfindlich gegen elektrische Influenz seien, und zur Vermuthung ähnlicher Vorgänge an der Gewitter-

¹⁾ Nature, XXII, 339, 364, 408, 436. — Mondes (2). LIII, 77, 243, 488, 494, 609. — Beibl. zu d. An. d. Phys. 1880. IV, 841. — Fortschr. d. Phys. Berlin 1883. XXXVI, 341.

²⁾ An. d. Phys. (261) 1885. XXV, 116—131.

wolke, welche als „selbstthätig wirksamer Duplicator“ wirken könne. Eine ihrer unteren Schicht vielleicht durch die gewöhnliche Luftelektrizität oder durch Reibung des aufsteigenden Luftstromes an den äusseren Wolkenflächen mitgetheilte positiv elektrische Ladung wird sich allmählich mit abnehmender Spannung über die ganze Wolke verbreiten. Sobald nun die Nebelbläschen zu Regentropfen zusammenfliessen, was in den kälteren oberen Lagen am frühesten geschehen kann, durchfallen jene in negativ elektrisirtem Zustand die positiv elektrischen Wolkenschichten. Die mit der Tropfenbildung verbundene Verkleinerung der Wasseroberfläche steigert die Spannung um so höher, je mehr die Wolke, also auch ihre elektrische Ladung, auf geringeren Raum zusammenschrumpft. Hiermit wird auch die Influenz auf neugebildete Dunstmassen verstärkt, in denen sich die vorigen Acte wiederholen. Die auf den Regentropfen gesammelte Elektrizität wird zum Theil mit herabgenommen; ein mächtig aufsteigender Luftstrom vermindert indess diese Verluste erheblich, und letztere werden überdies ersetzt durch fortwährende Erneuerung der Condensation wie der damit zusammenhängenden Prozesse. Bei feinem Staubregen und sehr langsamer Ausbildung der beschriebenen Zustände kann die Fortführung der Elektrizität gross genug sein, um jede Entladung zu hindern; die Grösse und Art der letzteren hängt nicht allein von der Intensität, sondern auch von der Raschheit der elektrischen Ansammlungen ab. Die Wolke, als Aggregat discreter Wassertröpfchen, verbreitet die empfangene Elektrizität nicht durch Leitung, welche allerdings in den isolirenden Luftzwischenräumen erschwert wäre, sondern mittelst Influenz. Die lebendige Kraft des fallenden Regens erscheint als mechanisches Aequivalent der Arbeit, welche die elektrische Potentialdifferenz hervorrief. — Die hier gegebene Auf-

fassung ist anwendbar auf jede Wolke, auch ohne Gewitter. Als erste Phase erscheint eine, wenngleich sehr geringe Ladung, vornehmlich der unteren Fläche. Die Ladung stammt wohl am einfachsten aus der, auch bei heiterem Himmel, also unabhängig von Wolken, zweifellos vorhandenen atmosphärischen Elektricität; doch ist die Reibung von Wasserstaub an Wasser oder Eis keineswegs ausgeschlossen. Die erste Quelle wenigstens ist stets mehr oder weniger gegeben. Denn elektrisch erregte Gase geben leicht ihre Ladung an leitende Körper ab ohne Zeichenwechsel. Die Wolke wird darnach positiv, und zwar stärker unten als oben, weil nach Palmieri¹⁾ die Lufterlektricität mit zunehmender Höhe abnimmt, ihren positiven Charakter aber bei bewölktem, noch nicht regnendem Himmel oft sogar stärker zeigt, als bei heiterem. In der Wolke selbst trifft die scheidende Influenz zuvörderst jedes einzelne Dunstbläschen. Bei eintretendem Regen ist zweierlei möglich. Die fallenden Tropfen können die Aussenwände der Nebelzellen berühren, ohne deren Wasser zu annectiren. Dabei werden die ringsum verdrängten Lufttheilchen, abgesehen von schwacher Compression, in ebenen Curven ausweichen und die wässerigen Elemente von verschiedener Grösse an einem Punkte der oberen Wölbung des grösseren sich trennen. Influenzwirkungen hängen davon ab, ob die influencirende Schicht unter oder ober der regnenden Wolke befindlich ist. Im ersten Fall nimmt diese gleichnamige, im zweiten entgegengesetzte mit jener an, während dort die fallenden Tropfen mit der ungleichartigen Ladung ausgestattet werden. Die zusammentreffenden flüssigen Moleküle können aber auch verschmelzen; bei dieser Eventualität ändert sich der elektrische Zustand nur insofern, als die oberflächliche Spannung modificirt

¹⁾ Die atmosph. Elektricität. Uebers. v. Discher. 1884. S. 33.

wird. — Nach diesen theoretischen Erwägungen gestaltet sich der thatsächliche Verlauf folgendermassen: Die zum Ausgangspunkt genommene positiv elektrische Ladung der Wolke verbreitet sich so weit, als ihr Tropfen entfallen. Diese führen negative Elektrizität zur Erde, so weit jene nicht zur Neutralisation der positiv erregten Wolkenschicht dient. Die seitlich adspirirte Luft führt frische Dunstmassen zu, welche, gleichfalls positiv elektrisch, mit der ebenso qualificirten Regenwolke sich zusammenballen, die Spannung erhöhen, und ihrerseits wieder sowohl kräftige Influenzwirkungen ausüben, als empfangen. Die central aus der Wolke herabhängende Regengarbe verlegt die grösste elektropositive Spannung nach unten. Dagegen entstehen die peripherischen Regentropfen aus kurz vorher verdichteten, unter der Influenz des Wolkencentrums positiv elektrisirten Dunstbläschen, und fallen selber negativ elektrisch herunter. Die elektroskopischen Anzeichen vor, bei und nach einem Regenschall stimmen in der theoretisch erwartbaren Aufeinanderfolge sehr gut zu Palmieri's Beobachtungen, obwohl dem Normalfalle mancherlei Ausnahmen zur Seite stehen mögen, welche eintreten können, wenn ungewöhnlich dicke Wolken, heftige Regengüsse, begleitende Gewittererscheinungen hervorragender Art vorliegen oder ein kleines Regengebiet aus niederer Wolke die Gegensätze der Elektrizität an Centrum und Rand nicht zu Stande kommen lässt, vielmehr eine elektrische Anziehung äusserer Wasserstrahlen gegen die innere Maximalregensäule veranlassen kann, wodurch erstere spiralig die letztere umkreisen, also wirbelnde Wettersäulen bilden mögen. Der gewöhnliche Verlauf sei mit den Worten der Autoren geschildert. „An einem freien Orte wird bei heiterem Himmel ein Elektroskop positive Elektrizität anzeigen. Es möge aus der Ferne eine Regenwolke heranziehen. Da die Cumuli derselben, die zunächst

am Horizonte auftreten, positiv elektrisch sind, so wird durch ihre Influenz zunächst die Ladung des Elektroskops verstärkt werden. Diese Zunahme wird bei grösserer Annäherung der Wolke noch andauern, dann aufhören, bis Abnahme eintritt und für einen Augenblick die Wirkung gleich Null ist. Dann zeigt das Elektroskop negative Elektricität an, ein Zeichen, dass nun die Influenz des äusseren Regengürtels überwiegt. Bei weiterer Annäherung der Wolke muss auch diese Ladung erst anwachsen und dann an Intensität bis zu Null abnehmen. Ist nun die Wolke selbst über dem angenommenen Orte angelangt, so wird ihre positive Influenz die negative Ladung des ihrer Peripherie entströmenden Regens überwiegen, und schliesslich wird unterhalb des Centrums selber im stärksten Tropfenfalle das Maximum der positiven Ladung eintreten. Beim Vorüberziehen der Wolke wiederholen sich die Vorgänge in umgekehrter Reihenfolge, die Ladung nimmt ab bis zu Null, wird negativ, nimmt wieder ab, um nach nochmaligem Passiren der Null einen positiven Werth anzunehmen, der bei gänzlichem Verschwinden der atmosphärischen Störung auf den normalen Betrag sich reducirt."

56. Peltier's Hypothese, dass die Luft- und Wolkenelektricität mit ihren Folgen eigentlich von der negativelektrischen Ladung der festen Erde komme, benützt Herr Pellat¹⁾ als, jetzt „richtig erwiesenen", Ausgangspunkt seiner Untersuchung über die Ursache der elektrischen Ladung der Gewitterwolken. Bei heiterem Wetter nimmt das elektrische Potential der Luft vom Boden gegen die Höhe hin zu (! Palmieri?), was auf die Oberfläche des den Isolator (die Atmosphäre) influencirenden Leiters (Erdkörper) den

¹⁾ Journ. de Phys. (3) 1885. IV, pag. 18—25. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 189—193.

Rückschluss gestattet, dass daselbst negative Elektrizität vorhanden sei, wenigstens im Ueberschuss, während die stellenweise auftretende positive Ladung weit weniger verbreitet ist. Ausnahmsweise kann letztere steigen, namentlich bei bedecktem Himmel, unter welchem das atmosphärisch-elektrische Potential wirklich (mit Palmieri's Angaben übereinstimmend) in wachsender Höhe oft abnimmt, die Erdrinde also positivelektrisch ist. Die Dichte der positiven Ladung sei jedoch geringer und ihr Auftreten im Ganzen seltener als das negative Verhalten. Auch letzteres tritt indess für gewöhnlich wenig kräftig auf. Die Herren Joule und Thomson fanden in Aberdeen als Potentialdifferenz für 1 cm Lufthöhe 0.0045 elektrostatische Einheiten; daraus die elektrische Dichte an der Erdoberfläche $\mu = -dV / 4\pi dn = -0.0045 / 12.566 = -0.00036$; und den elektrischen Druck $p = 2\pi\mu^2 = 6.283 \times 0.0000001296 = 0.00000082$ „Dyne“ auf 1 cm² ($< 0.001 mg$). Die Potentialzunahme kann allerdings zeitweise zehnfach grösser, der letzte Werth mithin circa 0.001 mg sein, erscheint aber auch dann noch zu klein für Anziehung sehr leichter Körper, demnach selten direct nachweisbar. Die dem Boden nahen Luftschichten nehmen meist die jenem eigene negative Elektrizität an; können aber auch, zumal die höheren, elektropositiv sein, z. B. unter dem Einfluss einer verdunstenden Nebel- oder Wolkenmasse. Doch mag selbst in diesem Falle, wenn letztere in gut elektrisch leitsamer Verbindung mit der Erde steht, die Wolke negative Elektrizität aufnehmen und solche, in die Höhe gestiegen, verdunstend an die Luft abgeben. Wenn atmosphärische Schichten von gleichem Potential weit genug vom Boden abstehen, dass dessen Gestaltung in Berg und Thal einflusslos wird, stellen jene horizontale oder eigentlich sphärische Flächen dar mit senkrecht dazu gestellten Kraftlinien. Das unendlich kleine Stück einer solchen

bezeichne dn , worin n aufwärts gezählt wird; dann ist die Summe der drei Derivationen zweiter Ordnung $d^2V/dn^2 = 4\pi\rho$. Hier bedeutet ρ die elektrische Raumdichte; ist sie negativ, so wächst die Intensität des elektrischen Feldes mit der Höhe; wird aber in höheren Lagen kleiner als in Bodennähe, wenn in selteneren Fällen die Luft elektropositiv ist. Auch bei unelektrisirter Atmosphäre reicht die selbst höchst schwache elektronegative Erdladung hin, eine Wolke durch Influenz zu elektrisiren; welche Wirkung von negativelektrischer Luft verstärkt wird, von der ohnedem selten und schwach vorhandenen positiven Elektricität der Atmosphäre höchstens geschwächt werden kann. Schwebt ein Leiter (die Wolke) in einem elektrischen Felde (Atmosphäre), dessen Potential mit der Höhe wächst und befindet sich die Fläche des ersteren längs einer bestimmten Linie in neutralem Zustande, so sind hier die Potentiale des Leiters und der umgebenden Luft identisch. Die Theile jenes über der Neutrallinie haben ein tieferes Potential als die Atmosphäre, also negative Ladung, diejenigen unter der Linie ein höheres, also positive Elektricität. Ist die Atmosphäre unelektrisch, so besitzt überall ihr elektrisches Feld dieselbe Intensität wie am Boden, dessen elektrische Flächendichte mit der Intensität des atmosphärischen Feldes in der Beziehung steht $dV/dn = -4\pi\mu$. Diese Intensität ist erfahrungsgemäss sehr veränderlich; man kann aber durchschnittlich die Zunahme des Potentials für 1 m Erhebung einer elektrostatischen Einheit des C. G. S.-Systemes gleichsetzen. Auf einer Wolke darf die Verschiedenheit des Potentials an einzelnen Stellen für klein gelten; sie wird, in klarer Luft gebildet, oben negativ, unten positiv elektrisirt. Beide entgegengesetzt elektrische Hälften kann ein Wind trennen. Vorher hatten sie nahe gleiches Potential. Nach der Trennung nimmt die obere negative Schicht ein

tieferes Potential an als die untere positive. Diese Differenz der Potentiale wird um so grösser, wenn sich ihre räumlichen Erhebungen ändern, und zwar entsprechend dem Potentialunterschied der Luftschichten, zwischen denen sich die Wolken bewegen; für eine Höhenänderung von 500 *m* jeder Wolkenhälfte 1000 elektrostatische Einheiten betragend. Bei grösseren Bewegungsräumen, günstigerer Intensität des elektrischen Feldes und nach oben verstärkender negativer Lufterlektrizität kann jenes Gefäll der elektrischen Potentiale auf viele Tausend Einheiten steigen, demnach gross genug zu gewaltigen Entladungen werden. Besässe freilich die vorübergehend und untergeordnet zugelassene, positivelektrische Luftladung überwiegende Ausdauer, so könnte innerhalb dieser Zeit nicht genügendes Potentialgefäll auf den elektrischen Feldern erzeugt werden, um die gewaltsamen Ausgleichungen des Gewitters zu ermöglichen. Vielleicht hängt die zuweilen auffällige Seltenheit derselben mit derartigen Anomalien der elektrischen Luftladung zusammen, deren jeweilige Existenz am besten nachweislich erscheint durch die auf Abnahme (Constanz oder Zunahme) geprüfte Grösse dV/dn (Intensität des elektrischen Feldes). Nach Mascart's Untersuchungen,¹⁾ worin die Potentialdifferenzen im elektrostatischen Masse C. G. S. als Abscissen, die zugehörigen Funkenlängen in Centimetern als Ordinaten gelten, gehören zu 300 elektrostatischen Einheiten 4 *cm* lange Funken, zu 400 als Potentialdifferenz 9 *cm*. Schon bei 500—600 Einheiten aber gelangt man zur Asymptote der Curve; die Funkenlänge wächst also „ins Unendliche“ und darf jedenfalls bei einigen Tausenden der elektrostatischen Einheiten zu mehreren Kilometern veranschlagt werden. Ist *V* die gegebene Potentialdifferenz zweier ein-

¹⁾ Traité d'Électricité. II, 87. (Zugehörige Figur der Curve auf S. 192 d. Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. [Maiheft.])

ander exponirter Leiter, Q die Menge der zu entladenden Elektricität, so wird in $QV/2$ die Entladungsenergie dargestellt. Q kann nicht allzugross sein, weil sonst die Capacität der Wolken für Elektricität einen der Erfahrung widersprechenden Werth annehmen müsste. Demnach soll V grösser vorausgesetzt werden als die Mascart'sche Theorie verlangt. Büschel- oder Glimmentladungen sind natürlich bei viel geringerer, häufiger vorkommender Elektrocapacität der Wolken möglich. Alles hängt in Pellat's Auffassung der Wolkenelektricität von der negativen Erdladung ab, nach deren Quelle daher billig zu fragen ist. Der Autor erklärt sie als „immer bestanden“, als unveräusserliches Geburtstagsgeschenk des Planeten. Die Erde empfing bei ihrer Entstehung einen Ueberschuss negativer Elektricität, den sie, im Weltraume vollkommen isolirt, nie verlieren kann. Nur ein Theil derselben kann sich in die Luft zerstreuen, doch nicht verlieren, weil der Regen negative Elektricität zur Erde zurückführt, indem die Schwere die gleichnamigelektrische Abstossung überwindet. Schliesslich wird der Annahme einer elektropositiven Schicht an der Atmosphärengrenze gedacht, zumal zur Erklärung des Nordlichtes. Die in ihm vermuthlich gegebenen „geräuschlosen“ Entladungen zwischen Eiskrystallen der kalten Luft sind indess durch den Hinweis ganz gut verständlich, „dass die oberen Luftschichten ein höheres Potential haben als die Erde“. Jene positive Grenzsicht wäre nur dann gesichert, wenn die oberste Luft leitet. Dann würden die von der Erde ausstrahlenden Kraftlinien unten negativ, oben positiv sich verhalten. In Wirklichkeit jedoch verlieren sich jene dynamischen Curven der Elektricität im Weltraume oder gehen zu ausserirdischen elektropositiven Körpern, eine interkosmische Kraftvermittlung darstellend.

57. Die Herren Becquerel und Faye erstatteten am 12. Januar 1885 der französischen Akademie Bericht von

einer Darstellung Luvini's über Elektrizitätsentwicklung bei Gewittern (und Hagelbildung).¹⁾ Er stellt eine starke Reibung der Cirruseisnadeln (und bei vulcanischen Gewittern der ausgeworfenen Asche) an der Feuchtigkeit der unteren Luft in den Vordergrund. Dazu schienen besondere Untersuchungen französischer Bergstationen wichtige Aufschlüsse geben zu können. Auch das plötzliche Gefrieren des Wassers in elektrisch durchzuckten Wolken forderte zu genauen experimentellen Prüfungen heraus. Deshalb wurde ein vollständigerer Bericht verschoben, schliesslich aber überholt durch umfangreichere Veröffentlichung der Theorie in einem sowohl italienisch als französisch geschriebenen Buche.²⁾ Dieses enthält sieben Studien, von denen nur die fünfte die atmosphärische Elektrizität behandelt. Wir kommen darauf zurück bei Betrachtung von Sohnke's Lehre.

58. Dieser Forscher³⁾ nimmt zum Ausgangspunkt seiner Gewitterstudien die Erfahrung über die Wärmeabnahme nach oben und über die Beschaffenheit der höheren Wolken. In ersterer Hinsicht ist durch Glaisher bekannt, dass auch zur grössten Sommerhitze durchschnittlich in 3000 bis 4000 m Höhe Frosttemperatur angetroffen wird. Aus 23 wissenschaftlichen Ballonfahrten, von acht verschiedenen Luftschiffern in mancherlei Jahreszeiten, zur Hälfte im Sommer ausgeführt, ergab sich über die Nullisothermfläche der Atmosphäre,

¹⁾ Comptes rendus. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 198.

²⁾ Ingénieur Jean Luvini, Prof. d. phys. à Turin. Sept Études etc. Turin 1885.

³⁾ Dr. Leonhard Sohnke, Der Ursprung der Gewitterelektrizität und der gewöhnlichen Elektrizität der Atmosphäre. Jena 1885. G. Fischer, 74 S., 8^o.

dass dieselbe gewöhnlich im Juli und August allerdings in der oben gegebenen Erhebung über der Erdoberfläche liegt, zuweilen aber, selbst wenn nahe der letzteren die grösste Hitze herrscht, zu 2000 *m* Seehöhe sinken kann. Sie steigt in der Regel in der Frühe, und zwar mit beschleunigter Geschwindigkeit bei Annäherung an den Mittag und sinkt gegen Abend immer rascher. Der Uebergang vom Steigen zum Fallen wechselt mit der Jahreszeit und trifft wohl nie genau mit dem Mittag zusammen, ja kann sich von demselben bei grösseren Störungen in der Atmosphäre ziemlich weit entfernen. Auch der regelmässige Verlauf des Auf- und Abganges erfährt erhebliche Modificationen und kann die bedeutende Aenderung von 2000 *m* in 1—2 Stunden vor sich gehen. Directe Angaben vor oder während Gewittern liegen leider nur wenige vor. Glaisher fand am 31. August 1863, Abends 6^h (Morgens 8^h hatte ein Gewitter stattgefunden), in 2300 *m* Höhe $+1^{\circ}$ C. Flammarion beobachtete in der Gewitternacht 14. bis 15. Juli 1868, um 4^h 26 Min. Früh, die Nulllinie bei 2400 *m*. Welsh stieg am 17. August 1852 zwei Stunden vor Ausbruch eines Gewitters zu 3500 *m* Höhe, wo um 5^h p. m. 0° herrschte, jedoch mit schneller Senkung der Nullisothermfläche. Bei Temperaturvergleichen zwischen Freiburg im Breisgau und dem 719 *m* höher gelegenen Hoechenschwand fand Herr Sohnke unter 17 Fällen in den Jahren 1880 und 1881 blos bei dreien vor Gewittern eine kleinere Temperaturdifferenz, als sonst durchschnittlich zur treffenden Zeit vorzukommen pflegt, während in 14 an der oberen Station es anomal kühler gewesen war. Nimmt man dazu, dass Kaemtz aus der Beobachtung starker Strahlenbrechung in schwüler Gewitterluft rasche Wärmeverminderung mit der Höhe als wichtige Bedingung oder Begleitphänomene der Gewitterbildung erschlossen hatte, so darf wohl eine niedrige Lage der Nullisothermfläche als charakteristisch

bei Gewittern angenommen werden. Die über dieser liegenden Wolken bestehen aus überkalteten Wasserbläschen oder Eiskrystallen. Unter gewöhnlichen Umständen liegt die Grenze der Eis- und Wasserwolken im Hochsommer bei 4000 *m*. Glaisher fand erstere am 26. Juni 1863 schon bei 3300 *m*, Fonvielle bei 3450 *m* am 4. Juli 1875. Von der Erde aus kann die Existenz derselben am sichersten gestellt werden durch Lichtringe oder Höfe um Sonne und Mond, welche mit einem Halbmesser von 22° erscheinend nur durch Strahlenbrechung in Eiskrystallen entstehen können. Die von jenem Winkel der Minimalablenkung durch Eisprismen von 60° weit abstehenden Höfe mit $1-6^{\circ}$ Radius werden dagegen durch Beugung des Lichtes an gleichgrossen Wasserkügelchen hervorgebracht. Herr Galle in Breslau sah grosse Ringe binnen 18 Monaten 78 und sehr oft im Sommer. Auch Kaemtz betonte dies optische Distinctionszeichen. Die lokalen Wärmegewitter zeigen in den sich aufbäumenden Haufenwolken einen mächtigen aufsteigenden Luftstrom an, der viel Feuchtigkeit nach oben trägt. Herr Reye erkennt als Hauptbedingung für letzteres Ereigniss schnelle Temperaturabnahme in der atmosphärischen Umgebung. Im aufsteigenden Luftstrome selbst wird der mitgeführte Dunst allmählich verdichtet und durch die hierbei befreite Wärme die Temperaturabnahme nach oben verlangsamt. Demnach liegt die Nullisothermfläche in diesem Strome hoch, in dessen Umgebung niedrig. Eine Zeitlang müssen Eis- und Wassertheilchen neben- und durcheinander sich bewegen. Steigt jener Strom hoch genug, so erstarrt natürlich auch sein Wasser und giebt zu den häufigen Begleitern des Gewitters, Graupeln oder Hagel Anlass. Vermuthlich sind bei den meisten Gewittern Wasser- und Eiswolken gleichzeitig am Himmel mit so vielfältiger Veränderung ihrer Lagen, dass die Reibung der Wasser-

tröpfchen und Eiskrystalle als Elektricitätsquelle angesprochen werden darf. Faraday stellte dies physikalisch fest, indem comprimirte Luft gegen feste Körper strömte. Der bei der Ausdehnung und Erkaltung des Gases gebildete Nebel elektrisirte geriebene Eispartikel positiv, während die Wassertröpfchen negativ wurden. Findet Aehnliches im Grossen bei den geschilderten meteorischen Processen statt, so häuft sich genügend Elektricität an, um die Gewitterwolke laden zu können. Auf jener Erfahrung des berühmten Experimentators fusst auch Luvini's Theorie, welche Sohnke¹⁾ bespricht, von vornherein ein Missverständniss urgirend Faraday habe nämlich gezeigt, dass Wasserdampf an sich durch Reibung an festen Körpern nicht Elektricität erzeuge, sondern blos flüssiges Wasser. Luvini lässt aber die Luftelektricität entstehen, „durch Reibung der feuchten Luft mit den in höherer Region stets vorhandenen Eisnadeln“, und begegnet dem möglichen Einwand, dass die Luft nicht feucht genug sei, mit der Bemerkung, „dass das Eis bei allen Temperaturen verdampft“ (demnach wohl die Eisnadeln das Elektricität erzeugende Reibungsmaterial, das Wassergas sich selbst bereiten?). Zur Gewitterbildung setzt Luvini voraus, dass in der betreffenden Gegend die Luft genug Wasserdampf führe und von Oben senkrecht oder wenigsschief ein Wirbel viele Eisnadeln herabführe. Diese stellen die Scheibe einer Elektrisirmaschine dar, deren Reibkissen die feuchte Luft ist. Die Wolke gilt ihm nicht als zusammenhängender Leiter mit ausschliesslich elektrisch geladener Oberfläche, sondern als Complex partieller Sammelherde der Elektricität. Zur Erklärung des Hagels meint Luvini, der Blitz streife nur die Aussenseite der Wassertropfen. Diese gerathen in Sphäroidalzustand, der an der Oberfläche plötzliche Ver-

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 347—349.

dampfung, im Kerne unter begünstigenden Druckvariationen Gefrieren veranlasst.

59. Herr Luvini veröffentlicht dazu aus Turin am 15. October 1885 Berichtigungen.¹⁾ Ein angebliches Missverständniss der Faraday'schen Versuche wird entschieden bestritten mit Hinweis auf frühere praktische wie literarische Leistungen, vornehmlich aber durch die Textstellen aus seinen „Studien“: „Weder die Luft allein, noch der Dampf allein vermögen das Holz oder Kupfer zu elektrisiren. Ich schreibe dies Resultat den Wassertheilchen zu, die sich im ausdehnenden und erkaltenden Luftstrome condensirten und am Metall oder Holz sich rieben. Diese Theilchen erscheinen wie ein Nebel und benetzen die ganze Oberfläche des Holzes oder Metalles.“ Seine Erklärung des Hagels stützt Herr Luvini durch die Experimente der „ersten Studie“, worin der sphäroidale Zustand und das Gefrieren des Wassers in glühenden Tiegeln behandelt wird, wonach ihm auch die Erstarrung der vom Blitze getroffenen Tropfen verständlich erscheint. Das blosse Streifen jenes an der Aussenfläche dieser hält er durch Beccaria, Franklin, Jallabert, Monnier hinreichend erwiesen. Schliesslich bemerkt Herr Luvini, dass er seine Theorie 1884 veröffentlicht habe in *Rivista Scientifica*, Florenz; *Cosmos*, Paris; *Opinione*, Rom; überdies die „Sieben Studien“ in vielen Exemplaren nach Deutschland und Oesterreich gesendet habe. Demungeachtet schenke er der Angabe Herrn Sohnke's über die völlige Originalität seiner Gewitteruntersuchungen vollen Glauben und habe seinerzeit für das Ergebniss derselben Glückwunsch und Befriedigung der Uebereinstimmung mit seinen eigenen Meinungen ausgedrückt. — Von Herrn Sohnke wurde bis dahin keine Duplik hierauf bekannt; wohl aber eine

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 512–514.

Besprechung ¹⁾ privatim gegen seine Theorie erhobener Einwände. Eine Erregung der Elektricität durch Reibung von Eis und Wassertröpfchen wurde zunächst bezweifelt. Die von Sohnke bestätigte Faraday'sche Erfahrung ist indess ganz unzweideutig. Durch Anblasen von Eis mit einem Tröpfchen führenden Luftstrom wird ersteres zweifellos positiv elektrisch; jeder andere feste Körper, in gleicher Weise behandelt, elektronegativ. Sollte die positive Elektricität von den Wassertröpfchen vielleicht der Atmosphäre entnommen, und dann durch einfachen Contact an das Eis abgegeben werden, so müssten doch wohl alle vom Wasserluftstrom betroffenen Körper in gleicher Weise sich verhalten. Ueberdies bleibt jede elektrische Wirkung aus, wenn die Eispartikel oberflächlich angeschmolzen, also feucht gemacht wurden, was natürlich die einfache Abgabe der Elektricität nicht alterirt, wohl aber die Reibung als elektrische Quelle vernichtet oder doch erheblich schwächt. In zweiter Linie wurde eine neue Entstehungsart der Luftelektricität eingeführt. Wird Wasser von einem elektrischen Strome durchflossen, so laufen alle in jenem suspendirte Körperchen, Stärkekörner wie Luftblasen der positiven Richtung entgegen,²⁾ werden also elektro-negativ. Darnach könnte die blosse Berührung zwischen Luft und Wasser die ebenso einfache als ergiebige Quelle der atmosphärischen Elektricität mit allen ihren weiteren Folgen sein, und zwar müsste hierbei die Luft negativ elektrisch werden. Dies widerspricht aber der Erfahrung, die den positiven Charakter der Luftelektricität, bei heiterem Wetter wenigstens, ausser Zweifel setzt, während Wolke und Regen elektronegativ erscheinen. Neuerdings³⁾ wurden von Sohnke erfolg-

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 505.

²⁾ Quincke, An. d. Phys. (189) 1861. CXIII, 513–598.

³⁾ An. d. Phys. (264) 1886. XXVIII, 550–560.

reiche Versuche der Elektrisirung durch Reibung von Eis (positiv) und Wasser (negativ) ausgeführt.

60. Zur Höhe der Gewitterwolken, welche in Sohnke's Theorie berührt wird, berichtet Herr Hann,¹⁾ dass die tiefst liegende Fläche, welche er je an Gewitterwolken beobachtet habe, circa 1400 *m* betrage. Sogar dies ist selten bei localen Gebirgsgewittern, deren Höhenlage an den bedeckten und nicht bedeckten Bergwänden sehr genau festgestellt werden kann. Secundäre Wolkenfetzen gehen allerdings tiefer herab, diese geben indess nie Blitze, welche vielmehr sehr oft aus mehr als 2500 *m* kommen. Allerdings täuscht man sich in der Höhenschätzung solcher Erscheinungen leicht aus zwei Gründen. Zieht vor dem auf einem Berggipfel stehenden Beobachter ein Gewitter vorüber, so meint Jener auf die Haufen- und Schichtwolken hinabzusehen, aus denen zur Erde Blitze zucken, deren Herd gern absolut unterhalb des Standpunktes gesucht wird, während die wahre Sehrichtung schief nach oben führt. Steht man selbst in der Gewitterwolke, so verwechselt man den von unten reflectirten Lichtschein der Blitze mit diesen selbst. Dabei pflegt die Wolke gen oben sich viel weiter zu erstrecken als abwärts. In äusserst seltenen Fällen und auf sehr hohen Bergen mag man wohl das Gewitter wirklich unter sich haben, wie Herr Kolbenheyer eine solche gut bestätigte Beobachtung erzählt. Herr A. Knop²⁾ in Karlsruhe berichtet von einem Gewitter, das am 6. August 1869 über Brieg im Rhönethal intensiv sich entlud, während sein nächtiger Lagerplatz, wenige Stunden von dort, aber 8000' hoch gelegen, frei blieb und in der Tiefe jenes Schauspiel gewährte.

¹⁾ Meteorolog. Zeitschr. 1886. III, 323—324 (Juli-Heft). Berlin.

²⁾ Meteorolog. Zeitschr. 1886. III, 508—509 (Nov.-Heft). Berlin.

(Mit Zeichnung.)

4. Das Ozon.

61. Aus Basel am 8. April 1840 veröffentlichte Herr C. F. Schönbein¹⁾ eine Untersuchung über den bei Elektricitätsentwicklung längst bemerkten Geruch, für dessen Princip er die Bezeichnung Ozon vorschlägt. Dies Wort, von ὄζω und ὀδμή (Geruch) hergeleitet, fand Herr Mohr²⁾ mit Bezug auf den fraglichen Gegenstand, zuerst gebraucht in Homer's Ilias XIV, 415: „δεινὴ δὲ θεείου γίγνεται ὀδμή ἐξ αὐτῆς“. — Das Gleichniss, dass eine vom Blitze getroffene Eiche schrecklichen Geruch, gleich dampfendem Schwefel, entsende, bezieht sich auf die Niederwerfung Hektor's durch das Felsstück des Ajax. Die Verbindung des Schwefelgeruches mit dem Blitze ist ferner zu lesen an zwei Stellen der Odyssee, XII, 417, XIV, 307, und einer der Iliade, VIII, 135. Schönbein selbst erzählt in dieser Hinsicht mit Berufung auf Arago,³⁾ dass er als zwölfjähriger Knabe bei einem Blitzschlag, welcher den Thurm der Kirche von Metzingen in Württemberg traf, stechenden Geruch und bläulichen Dunst gleich darauf im Gebäude bemerkt habe. 1839 traf der Blitz eine Capelle auf der Baseler Rheinbrücke, 150 Schritte von Schönbein's Wohnung entfernt. Nach Bericht seiner Familienglieder war jene unmittelbar darnach von stechendem Qualme erfüllt. Selbst erst sechs Stunden nach dem Ereigniss heimkehrend, fand er blos in dem unterdess verschlossen gebliebenen Besuchzimmer einen Geruch, „schwach, zugleich nach Phosphor und schwefeliger Säure“. Ohne Elektrisirmaschine kann der sinnliche Eindruck des Ozons am einfachsten erkannt

¹⁾ An. d. Phys. (126) 1840. L, 616–635. (Schr. d. Akad. d. Wissensch. in München.)

²⁾ An. d. Phys. (167) 1854. XCI, 625–627.

³⁾ Annuaire pour l'an 1838.

werden, indem ein Phosphorstückchen halb ins Wasser gesteckt wird.¹⁾

62. Bei der Spitzenausströmung der Reibungselektricität, besonders an einer Holtz'schen Influenz- oder selbsterregenden Maschine, wird nach dem Zeugniß des Riechorganes der fragliche Stoff reichlich erzeugt; ebenso am positiven Pole einer kräftigen elektrochemisch constanten Batterie; im letzteren Falle kann er leichter gesammelt und zu weiterer Prüfung in geschlossenen Räumen ziemlich lange aufbewahrt werden. Rein subjective Anzeigen werden gern ersetzt durch objective Spuren irgend eines Wesens oder einer Kraftäusserung. Das Jodkalium, zusammengekocht mit 10 Theilen Stärke und 200 Theilen Wasser und in reinem Fliesspapier aufgenommen, wird von Ozon zersetzt unter blauvioletter Färbung, deren Intensität Schlüsse auf die Menge des gewirkt habenden Ozons gestattet — allerdings nur mit grosser Vorsicht, weil viele Nebenumstände von Einfluss sind.

63. Zuvörderst war natürlich in Frage zu ziehen, ob das färbende und riechende Princip identisch seien. Für letzteres war gleich anfangs durch Schönbein gefunden worden, dass dessen Entwicklung abhängt von der metallischen Elektrode, welche, um volle Wirkung zu erhalten, aus Platin oder Gold sein solle; von der Zusammensetzung des Elektrolyten, als welcher am vortheilhaftesten schwach gesäuertes destillirtes Wasser sich erweist; und von der Temperatur, welche in tieferen Graden sich halten muss. Dagegen glaubte de la Rive seinen Arbeiten²⁾ entnehmen zu dürfen, „dass der Geruch

¹⁾ Franklin sagt 1749: I suspect that it was instantaneously from something in the air acted upon by it. (Hoppe, Geschicht. d. El. 1884, S. 103.)

²⁾ An. d. Phys. (130) 1841. LIV, 378–408.

von dem Metall herrührt, welcher als Pol der Säule in der Flüssigkeit dient". Auch das Edelmetall, Platin, setzt bei starkem, den Elektrolyt erwärmendem Strome schwarzes Pulver von fein vertheiltem abgelösten Metalle nieder, das, mit dem Sauerstoffe fortgerissen, an sich oder oxydirt den Geruch veranlasse. Dies Losreißen und Weiterführen suspendirter Substanzen sei auch bei den Funken statischer Elektrizität, wie beim Blitze, die Ursache des Geruches. Dort habe Priestley, hier Fusinieri jenes grundlegende Phänomen direct erwiesen. Bald darauf¹⁾ wurde gezeigt, dass das riechende Princip Gasform besitzt und nicht von Metalloxyden herrührt; aber seine Natur blieb trotzdem auf langhin allzu dunkel, als dass die oben gewünschte Identificirung mit Sicherheit möglich gewesen wäre. Schönbein selbst spricht zuerst in unmittelbarer Folgerung aus elektrisch ozonisirenden Versuchen die Vermuthung aus, „das riechende Princip sei ein auf secundärem Wege hervorgebrachter zusammengesetzter Körper", lässt indess aus vorwiegend chemischen Gründen bald dieselbe fallen und ersetzt sie durch die andere, „es sei der riechende Stoff ein in hohem Grade elektronegativer elementarer Salzbildner", analog dem Chlore. Wie letzteres keineswegs als absolutes Element anerkannt wird, so könnte das Ozon als im Wasser präexistirend gelten. Das Wasser enthält vielleicht zwei verschiedene elektrolytische Verbindungen, die eine aus Sauerstoff und Wasserstoff, die andere aus Ozon und einem bis dahin unbekannten Kation bestehend, das wohl auch mit dem Hydrogen zusammenfallen mag. Ich erwähne dies aus zwei Anlässen. Einerseits haben wir hier die spätere Wasserstoffhyperoxydtheorie,²⁾

¹⁾ An. d. Phys. (135) 1843. LIX, 240.

²⁾ An. d. Phys. (141) 1845. LXV, 69—80 (Schönbein). — (142) 1845. LXVI, 163—173 (Fischer). — (143) 1846. LXVII, 78—83

wie den Osann'schen Ozonwasserstoff¹⁾ in eigenthümlicher Form angedeutet; andererseits knüpft sich daran die meteorologisch wichtige Frage, ob der fragliche Stoff in der Atmosphäre vorhanden sei, unabhängig von ihrem Wassergehalt oder erst durch diesen eingeführt. Letzterenfalls wäre an die Luftfeuchtigkeit hauptsächlich das Erscheinen, Nachweisen und Wirken des Ozons gebunden. Wir werden bei der Prüfung der Atmosphäre auf ihren Ozongehalt sehen, dass wirklich die verschiedenen Formen jenes klimatischen Factors eine bedeutsame Rolle spielen, wollen aber zur Zeit noch unentschieden lassen, von welcher Art und Grösse dieselbe sei. In der Luft riecht man für gewöhnlich das Ozon nicht, selbst bei recht kräftiger Farbenreaction. Die chemischen Wirkungen aber einer ozonisirten Atmosphäre werden sämmtlich auch erreicht, wenn jene mit wenig Untersalpetersäure versetzt wird. Die hieraus gezogene Gleichsetzung der letzteren mit Ozon bekämpft Schönbein,²⁾ hält indess für möglich, dass beide in gewisser Beziehung stehen. Er schreibt dem Ozon die Formel HO_2 zu, hält es für isomer mit Thenard's oxydirtem Wasser und glaubt, dass jener Körper zu NO_2 treten könne. Dann würde die feuchte, mit Untersalpetersäure versetzte Luft ihre Wirkungen auch dem Ozon verdanken, und überhaupt von einer ozonisirten Atmosphäre bloß durch grösseren Stickstoffgehalt sich unterscheiden. Dies stimmt zur physiologischen Reaction. Das gleiche Gefühl gehemmter Athmung und verengerten Kehlkopfes wird empfunden, wenn man Luft einsaugt,

(Schönbein). — (165) 1853. LXXXIX, 38—55 (Baumert). — (175) 1856. XCIX, 88—94.

¹⁾ An. d. Phys. (171) 1855. XCV, 311—315. XCVI, 498—512. XCVII, 327. XCVIII, 181.

²⁾ An. d. Phys. (143) 1846. LXVII, 225—232.

welche über einem Gemenge von Wasser und Untersalpetersäure gestanden war, oder wenn in stark ozonisirter oder in mit Stickoxyd geschwängelter Luft getathmet wird. — Früher¹⁾ schon hatte er sich gegen die Ansicht gewandt, welche auf dem italienischen Naturforschercongress zu Mailand zutage trat, das Ozon sei salpeterige Säure. Jenes aber polarisirt einen Platinstreifen in gleicher Zeit viel stärker negativ elektrisch als diese. Beide Gase stehen in elektrischem Gegensatze wie Chlor und Wasserstoff. Ebenso wenig ist das Ozon eine tiefere Oxydationsstufe des N. —

64. Herr August Houzeau unternahm 1855 eine Arbeit über den Sauerstoff²⁾ im activen Zustand (*état naissant*) mit der Voraussetzung, dass bei Abscheidung des beweglicheren Sauerstoffatomes aus einem Hyperoxyd jenes vorzüglich oxydirende Wirkungen entfalten dürfte. Dies bestätigte sich mehr oder weniger; wenn auch Herr Poggendorff in einer Anmerkung die ausgezeichneten Eigenschaften des activen Oxygens weniger der Entstehungsperiode, als der tiefen Temperatur seiner Darstellung zuschreibt, so bleibt die Thatsache, ganz abgesehen von ihrer theoretischen Auffassung, an sich wichtig genug und verdient hier besondere Aufmerksamkeit, weil sie der Anlass wurde zu Vergleichen mit dem „Ozon, jenem oxydirenden Stoff, über dessen Natur man ungeachtet der schönen Arbeiten der Herren Schoenbein, Marignac, de la Rive, Fremy, E. Becquerel bis dahin so wenig übereinstimmte“. Houzeau stellt am Beginn einer zweiten Untersuchung³⁾ die Frage nach etwaiger Identität von Ozon und activem Sauerstoff. Durch viele Versuche, welche nach ihrer Methode

¹⁾ An. d. Phys. (139) 1844. LXIII, 520--530.

²⁾ An. d. Phys. (171) 1855. XCV, 484--489.

³⁾ Comptes rendus 1856. XLIII, 34.

nicht hierher gehören, zeigt er, dass das in beliebiger Weise hergestellte Ozon alle Eigenschaften des activen Sauerstoffes besitze und wahrscheinlich solcher in eigenthümlichem Molecularzustande sei. Insbesondere stehe es weder zu Wasserstoff noch Stickstoff in chemischer Beziehung. Demselben Gegenstande gewidmet ist eine Abhandlung von Thomas Andrews in Belfast.¹⁾ Unter Erinnerung an bekannte Thatsachen der Forschung wird gefragt, ob unter allen Umständen man sich wirklich mit Ozon beschäftigt habe und welche Zusammensetzung man diesem zuschreiben könne. Die erste Frage ist auf Grund eingehender Prüfung, deren Umfang die Mittheilung verbietet, dahin beantwortet, dass das Ozon wie immer es bis dahin dargestellt worden sei, stets der nämliche Stoff mit denselben Eigenschaften des Geruches der Bleichung, der Jodkaliumzersetzung, der Erhöhung einer Oxydationsstufe löslicher Körper war. Die zweite dahin, dass das Ozon „kein zusammengesetzter Körper, sondern Sauerstoff in einem anderen oder allotropischen Zustande“ ist. Die Allotropie mit den katalytischen oder Contacterscheinungen in Beziehung gebracht zu haben, wie es Schönbein that,²⁾ war an sich höchst verdienstlich und für unsere Frage äusserst fördersam. Die allotropen Modificationen bezeichnet er als O^0 ozonisirter und O gewöhnlicher Sauerstoff und nimmt an, dass beide als solche in Verbindungen vorkommen (jene u. A. im Wasserstoffhyperoxyd), in- einander überführbar sind, vermuthlich mit Aenderung ihrer thermalen Beziehungen, am mächtigsten aber hierin

¹⁾ Phil. Transact. 1855. (An. XCVIII, 435.) — An. d. Phys. (228) 1874. CLII, 311—331. Vortrag in d. Roy. Soc. of Edinburgh. (Vornehmlich geschichtlich [Marignac und de la Rive: Ozons aus reinem O .]).

²⁾ An. d. Phys. (176) 1857. C, 1—41.

die Elektrizität wirke. Doch besitzen auch organische (wie Terpentinöl) und mineralische Substanzen das Vermögen der Ozonisierung des Sauerstoffes. In Zersetzung befindliche pflanzliche und thierische Körper, wohl auch lebende können als Sauerstoffträger und Contactozonisierer wirken, womit die sonst in ihnen vorgehenden chemischen Umsetzungen, namentlich Oxydationen, befördert werden. In „fortgesetzten Untersuchungen über den Sauerstoff“¹⁾ hält der nämliche Forscher die Annahme gänzlich unstatthaft, „dass es zwei stofflich verschiedene Sauerstoffarten gebe.“ Wohl aber könne der active Sauerstoff in zwei Formen bestehen, welche wie Plus und Minus einander gegenüberstehen: Ozon $+ O^0$, Antozon $- O^0$, und verbunden zu gewöhnlichem Sauerstoffe werden. Mit dieser Frage war schon früher Herr R. Clausius²⁾ beschäftigt. Das Sauerstoffmolekül ist nach ihm zweiatomig. Unter besonderen Umständen zerfallen einzelne jener Molekel in beide Atome, welche in Freiheit das Ozon darstellen. Der Anlass dazu kann liegen in der abstossenden Kraft der Elektrizität, im trennenden Einfluss der Elektrolyse, im Oxydationsvorgang des Phosphor, wobei das nicht in die Verbindung eintretende Oxygenatom durch Wärmeschwingung weggeschleudert wird, und in mancherlei anderen Ursachen. Der Ozon vernichtende Einfluss der Hitze wäre erklärlich durch die anderen Erfahrungen entsprechende Annahme, dass in höherer Temperatur die geschiedenen Sauerstoffatome sich vereinigen; die oxydirende Kraft des Ozons durch die Vorstellung, dass ledige Atome leichter neue Verbindungen eingehen können, als schon paarweise gebundene. Schwer mit dieser höchst ansprechenden Theorie vereinbar ist freilich die Dichtebestimmung des

¹⁾ An. d. Phys. (181) 1858. CV, 258—289.

²⁾ An. d. Phys. (179) 1858. CIII, 644—652.

Ozons durch Andrews und Tait,¹⁾ welche dieselbe fast viermal grösser fanden als diejenige gewöhnlichen Sauerstoffes. Die Versuche sind indess mit Oxygen angestellt, welches nur wenig Ozon enthielt, das bei 230^0 C. in jenes verwandelt wurde. Die angebliche Verdichtung des Sauerstoffes bei Ozonbildung ist, wenigstens wenn letztere auf elektrolytischem Wege geschieht, nur scheinbar, weil an der Wasserstoffelektrode gleichzeitig sich Wasserstoffhyperoxyd abscheidet, demnach das Sauerstoffvolumen allerdings vermindert wird.²⁾ Durch Soret³⁾ wird das Thatsächliche obiger Angaben bestätigt, zugleich aber eine Hypothese beigebracht, welche sich an die mehratomige Theorie schliesst und mit einigen Modificationen die Clausius'sche aufrecht erhält. Dieser Forscher⁴⁾ selbst erweitert oder ergänzt bald die früheren Aufstellungen in den unterdess stattgehabten Fortschritten entsprechender Weise. Von den gleichartigen Atomen des gewöhnlichen Sauerstoffes ist vermuthlich das eine positiv, das andere negativ elektrisch. Durch diesen Gegensatz kann ihre Verbindung nur gefördert werden, er würde aber, wenn letztere ohne ihn erfolgte, eben durch die Vereinigung selbst hervorgerufen werden. Solange indess die Atome ungepaart vorhanden sind, können sie sich in einem Zwischenzustande befinden und mindestens vorübergehend unelektrisch sein. Die activen Atome des Ozons scheinen negativ elektrisch zu sein und zu bleiben. In ihrer Einzelbeharrung stellen sie ein Gas dar, welches doppelt so viele wirksame Elemente hat, als

¹⁾ Proceed. of the Roy. Soc. VIII, 498.

²⁾ An. d. Chemie u. Pharm. LXXXVIII, 1853.

³⁾ Verhandlgn. d. naturhist.-medic. Vereins in Heidelberg. (Später [An. d. Phys. 1867. CXXXII, 174] findet er d. Dichte d. Ozon $1\frac{1}{2}$ fach der d. Sauerstoffs.)

⁴⁾ An. d. Phys. (197) 1864. CXXI, 250—268.

dieselbe Menge unerregten Sauerstoffes, wonach dieser ein kleineres Volumen hätte als Ozon. Dagegen zeigten Andrews, v. Babo, Soret, Tait, dass sich's gerade umgekehrt verhält und die Differenz beider Volumina so gross ist, als ob der ozonisirte Sauerstoff gar nicht vorhanden sei. Der hiermit gegebene Widerspruch löst sich, wenn die Ozonatome nicht nothwendig vereinzelt bleiben, sondern mit den gewöhnlichen Sauerstoffmolekülen irgendwelche Complicationen eingehen. In letzteren spielen die Ozonpartikel eine besondere Rolle als ungepaarte Atome, so dass, wenn sie auch mehrfach in die Gruppe eintreten sollten, doch zwischen ihnen keine paarweise engere Aneinanderschliessung stattfindet. Sie sind deshalb leichter von den wesentlich gepaarten Atomen gewöhnlichen Sauerstoffes abzuscheiden, als die letzteren unter sich, so dass sich die kräftigere Wirkung des activen Oxygens darauf gründet, dass die Einzelatome, wenn nicht von vornherein frei, doch nur lose gebunden sind. Je nachdem negativ oder positiv elektrische unpaarige Atome zur Wirksamkeit kommen, hat man es mit Ozon oder Antozon zu thun. Letzteres entsteht mit Ozon gleichzeitig am besten bei elektroinductorischer Erregung des Sauerstoffes. Die Influenz verstärkt hierbei bloss den schon vorhandenen Gegensatz. Gleichzeitige Gegenwart von beiden bedingt vielleicht mit gewöhnlichem Sauerstoff eine vieratomige Molecularstructur von einiger Ausdauer.¹⁾ Von weiteren physikalischen Untersuchungen und dadurch klargelegten Eigenschaften des Ozons sehen wir ab, weil hierbei dessen meteorologische Bedeutung wenig berührt wird. Nur Einiges aus der Arbeit von P. Hautefeuille und J. Chappuis²⁾ sei bei-

¹⁾ Odling's dreiatomige Ozontheorie bespricht Herr Clausius geschichtlich: An. d. Phys. 1869. CXXXVI, 102.

²⁾ An. de l'École normale (3) 1884. I, 73. — Repertor. d. Phys. 1884. XX, 507–521, 761–770.

gezogen, weil theilweise das Ozon unter höchst ungewöhnlichen Verhältnissen erscheint. Zuvörderst wird die elektrische Erzeugung des Ozons studirt, wobei der allotropischen Umwandlung des Sauerstoffes in dasselbe, der Druck- und Wärmeverhältnisse gedacht ist. Die besonders hierzu construirten Instrumente dienen zur Messung der Spannungen und Temperaturen. Das Verhältniss des Ozonvolums zum Gesamtvolumen erscheint innerhalb weiter Grenzen vom Druck unabhängig. Die Spannung beim Umwandlungsprocess variirt aber mit der Temperatur und der äusseren Pressung. Modificationen der elektrischen Entladung, Gegenwart fremder Gase, unter denen das atmosphärische Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff besonderer Forschung vorbehalten wird; die Farbe des Ozons und dessen Verflüssigung werden eingehend betrachtet. In letzterer Hinsicht genügt am Cailletet'schen Apparat für eine Mischung von Sauerstoff und Ozon der Druck von 125 Atmosphären bei einer Temperatur von -100°C . Hierbei erscheint, wenn höchstens 10 Procent Ozon vorhanden sind, deutlich blaue Färbung im kältesten Raume; dieselbe rührt wahrscheinlich her von einer aus Sauerstoff und Ozon gemischten Flüssigkeit. In Folge von Ausdehnung verschwindet die Farbe augenblicklich; dagegen bleibt am ausgezogenen Röhrenende ein tiefblauer Tropfen, der allmählich sein Volumen verkleinert, aber fast eine halbe Stunde unter 75 Atmosphären aufbewahrt bleiben kann. So wurde die Aeusserung Schönbein's: „Möglich ist, dass das riechende Gas durch Druck zu einer Flüssigkeit sich verdichten lasse" (Basel, 8. April 1840) nach 44 Jahren verwirklicht.

65. Schönbein, der Entdecker des Ozons, war auch der erste Vertreter des Ozongehaltes der Atmosphäre.¹⁾ Die Abscheidung von Jod und die damit ver-

¹⁾ An. d. Phys. (141) 1845. LXV, 69—80.

bundene Bildung jodsauren Kalis in mit Jodkalium versetztem Stärkekleister geschieht weder durch den freien Sauerstoff der Luft, noch durch die atmosphärische Kohlensäure, wenn auch letztere allerdings einen secundären Einfluss geltend machen mag, sich verrathend darin, dass nach der Ozonisirung des Jodkalium immer auch etwas kohlen-saures Kali aufzutreten pflegt. Ist auch immer Ozon in der Luft vorhanden, so kann doch das kleine Quantum, das in unmittelbarer Berührung mit dem Reactionspapier steht, dasselbe in der Ruhe nicht verändern, wohl aber, wenn vom Winde schnell hintereinander immer neue Massen des Gases in Wirksamkeit gesetzt werden. Elektrische Ausgleichungen, welche jedesmal mehr oder weniger Ozon herstellen, sind ja sehr häufig in der Atmosphäre. Dass demungeachtet jenes nicht in allzugrosser Menge da ist, diese aber mit der Oertlichkeit, selbst unter annähernd gleichen meteorischen Verhältnissen wechselt, deutet darauf hin, dass es einem, ziemlich regelmässigen Verbrauche ausgesetzt ist. Dies geschieht durch sämtliche oxydable Körper, welche in verschiedener Form auf der Erdoberfläche vorhanden sind. Ob die herbeigezogenen Lichtphänomene modernden Holzes, des Meeres und einiger Thiere hierher gehören und der Parallelismus¹⁾ zwischen Häufigkeit katarrhalischer Leiden und intensiverer Bläuung der Jodkaliumstreifen die stark reizende Wirkung des Ozons beweist, bleibe, in ganz allgemeiner Auffassung wenigstens, dahingestellt. — Nach Schönbein²⁾ machte Prüfungen der Luft auf Ozon wohl als einer der Ersten Herr Osann in Würzburg, im benützten wie unbewohnten Zimmer, auch in einem Garten. Im ersten Fall wurde nach vier Tagen gar keine Färbung der

¹⁾ An. d. Phys. (148) 1847. LXXII, 462—468.

²⁾ An. d. Phys. (158) 1851. LXXXII, 158—160.

Jodkaliumstärke erhalten, im zweiten eine zweifelhafte, jedenfalls höchst schwache Spur, im dritten nach etwa zehn Stunden, und bei Gegenwart von Nebel binnen drei Stunden eine schöne Reaction. Den augenscheinlich verstärkenden Einfluss der Feuchtigkeit könnte man auf Faraday's Angabe beziehen, dass nach Philipps jene bei ihrer Verdichtung Elektrizität erzeuge oder in die unteren Luftschichten herabführe. Dass bei Wassererzeugung direct, vermuthlich aber durch Vermittlung frei werdender elektrischer Kräfte Ozon entsteht, zeigt Pinkus¹⁾ Versuch, wonach eine in reinem Sauerstoff oder in der atmosphärischen Luft aus feiner Metallspitze brennende kleine Wasserstoffflamme starken Ozongeruch entwickelt. — Während Houzeau²⁾ mit Anderen die Existenz des atmosphärischen Ozons durch die Jodkaliumreaction hinlänglich erwiesen hält, zweifelt Fremy daran. Weder Stickstoff noch dessen Sauerstoffverbindungen, weder Schwefelwasserstoff, noch die Haloide mögen nach theoretischen Erwägungen wie wegen der Geringfügigkeit ihres atmosphärischen Vorkommens die dem Ozon zugeschriebenen Wirkungen hervorrufen; doch war bei der Wichtigkeit der Sache immerhin erwünscht, dass Th. Andrews³⁾ wiederholt des letzteren massgebende Rolle nachwies. Er sieht den sichersten Beweis für die Existenz des Ozons in der Atmosphäre durch die thermische Einwirkung auf dasselbe gegeben. Das elektrolytische Ozon wird in der Temperatur von 237° C. gründlich zersetzt.⁴⁾ In einem Glasballon von 5 l Inhalt wurde atmosphärische Luft auf 260° C. erhitzt. Davon

1) Agricult.-chem. Untersuchgn. u. Vers. d. Station zu Insterburg. V. Gumbinnen 1867.

2) An. d. Phys. (228) 1874. CLII, 324.

3) Proceed. of the Roy. Soc. XVI, 63.

4) Philos. Transact. 1856, pag. 12.

ging eine U-Röhre ab, innen wie aussen mit Wasser gekühlt. Wenn 3 l Luft in 1 Minute durchstrichen, ohne Erhitzung des Ballons, wurde das Reagenspapier binnen 3—4 Minuten deutlich gefärbt, bei Erhitzung aber nicht in beliebiger Zeitlänge. Aehnlich geschah es mit künstlich ozonisirter Luft. Dagegen wurde, wenn derselben salpetrigsaurer Dampf oder Chlor beigemischt war, bei jeglicher Temperatur das Jodkalium gebläut oder das Manganhyperoxyd entsprechend verändert. Jedoch stellt noch immer Herr E. Schöne¹⁾ in Abrede, dass das allerdings möglicherweise vorhandene Ozon in der Atmosphäre mittelst irgend einer herkömmlichen Reaction zweifellos erkannt werde, weil jede auch durch Wasserstoffhyperoxyd erzeugt sein könne. Jodkaliumstärke sei zumal als Reagens auf Ozon verwerflich, denn sie wirke einfach hygroskopisch. Besser wäre Thalliumoxydhydrat, dessen Bräunung vom atmosphärischen Feuchtigkeitsgehalt unabhängig ist. Die hiermit getränkten Papiere würden bei Regen und Bewölkung schwächer gebräunt, dagegen mit steigender Windstärke tiefer; unter Tag kräftiger als Nachts. Dessen Angaben über den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf Jodkaliumstärke bestreitet indess Herr Pernter.²⁾ Herr J. Mulvani³⁾ schliesst aus seinen Beobachtungen, Wärme allein erhöhe den Ozongehalt nicht, mit Feuchtigkeit verbunden jedoch im geraden Verhältniss dieser, auch bei Wind, während letzterer als trockener die Ozonbildung mindert. Bewölkung und hohe Lage begünstigen dieselbe. Herr Luedicke in Gotha⁴⁾ schliesst aus daselbst ge-

¹⁾ Ber. d. chem. Ges. XIII, Nr. 14, S. 1503—1508. — Silliman J. (3). XXI, 66.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1881. XVI, 394—396.

³⁾ Nature 1880. XXII, 235. — Quat. J. of the mtrlg. Soc. 16. VI, 1880. — Chem. News. XLI, 292.

⁴⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1871. VI, 272—277.

machten und für sächsische Stationen durch Herrn Bruhns verfügbar gestellten Beobachtungen, dass der Ozongehalt der Luft mit dem Feuchtigkeitsgehalt wächst. Die Richtung des Windes ist nur massgebend, sofern damit nach den Jahreszeiten die atmosphärische Feuchtigkeit wechselt; dessen Stärke aber direct. Druck wie Wärme der Luft scheinen zur Mehrung des Ozons in verkehrtem Verhältniss zu stehen. Ozonmaxima treten überwiegend an stürmischen, gewitterhaften, regnerischen Tagen auf; nur drei in $2\frac{2}{3}$ Jahren bei heiterer Witterung; die Minima bei sehr verschiedenem Wetter, blos einmal indess im Regenturm. Der complicirte Einfluss von Wind und Feuchtigkeit zeigt sich darin, dass ein Maximum bei NW. nicht mit der grössten Feuchtigkeit (bei NE.) zusammenfiel, wahrscheinlich, weil jener viel kräftiger war. Auch Ebermayer¹⁾ constatirt den Zusammenhang des Ozons mit der Feuchtigkeit, z. B. an Seen, hoch gelegenen Orten und Wäldern. Im Inneren dieser dagegen ist der Ozongehalt kleiner als in freier Luft zur Seite oder weiter oben, wohl wegen mangelhafter Ventilation und Ozonverbrauches durch die Humusdecke. Starker Wind giebt viel Ozon; ebenso Schnee und Gewitter. Den Blitz des letzteren ersetzte Herr Böttger²⁾ durch den elektrischen Funken eines Inductoriums, erhielt aber neben Ozon in mit Wasserdampf gesättigter Luft stets Untersalpetersäure und aus trockener Luft gelbliche Dämpfe salpeteriger Säure, welche ebenso leicht das Jodkaliumpapier bleicht als Ozon. Herr Prestel in Emden³⁾ fand die schwächste Ozonreaction am Wintersolstitium, die stärkste bei Frühlings-Tag- und Nachtgleiche. Dieselbe Periode leitet Herr Karlinski in Krakau her.⁴⁾

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1873. VIII, 256.

²⁾ Chem. Cbl. 1873. XXXII.

³⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1874. IX, 166.

⁴⁾ Id. S. 94.

Herr T. Mackereth¹⁾ bestimmte 1867—68 in Manchester das Maximum der Ozonreaction beim Maximum der Windgeschwindigkeit und des Regenfalles; ebenso fallen die Minima dieser drei Elemente zusammen. Von den Winden vermehrt vornehmlich S. und W. den Ozongehalt der Luft, der bei E. und N. geringer ist. Baxendall²⁾ bringt die Verdunstung des Wassers mit dem Ozon der Atmosphäre in Verbindung. Entgegen der Angabe Osann's sah er bei Nebel kaum eine Spur der Ozonreaction, wohl aber nach dessen Verschwinden. Darum schien die Aenderung des Aggregatzustandes von Bedeutung. Es wurde nun an Springbrunnen experimentirt und ergab sich das Ozonverhältniss wind- und leewärts von zwei Fontänen beziehentlich 5 : 7·3, 4·7 : 6·8. Da an den Wolken vermuthlich fortwährende Molecularveränderungen des Wassers vorgehen, wird deren Bildung wie Höhe für das Ozon bedeutsam gehalten. An die Verdunstung als Ozonquelle dachten bereits v. Gorup-Besanez und Lender, während Daubeny die Lichtwirkung auf grüne Pflanzentheile zu Hilfe zog. Der an zweiter Stelle genannte Forscher, dessen in beiden nächsten Nummern wiederholt erwähnt werden soll, erklärte zur Wahrung seiner Priorität gegen Baxendall,³⁾ dass er am 9. August 1871 am Gradirhause zu Kissingen eine Ozonquelle in der Verdunstung darthat, allerdings unter wesentlicher Beziehung des Salzgehaltes. v. Gorup-Besanez habe letzteres übersehen, ersteres aber in besonderem Auftrag der bayerischen Regierung festgestellt. Gleichfalls

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1875. X, 209. — Proc. Manchester Soc. VIII.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1878. XIII, 208. — Proc. Manchester Soc. XV (Dancer).

³⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1878. XIII, 301. — An. d. Chem. u. Pharm. 1872. II, III.

im Anschluss an Baxendall bemerkt H. A. Lewy,¹⁾ dass mangelnde Farbenreaction kein Beweis für gänzlichen Ozonmangel sei, weil schnelle Bleichung schon eingetretener Färbung oft durch besondere Umstände, z. B. Nebel oder gewisse Windrichtungen erfolge. Besser sei deshalb die Ozonbestimmung mittelst der Gewichtsmethode, welche in der zuletzt gegebenen Literaturquelle beschrieben ist. Die Luft wird nämlich durch eine bekannte Lösung von arsenigsaurem Kali geleitet, deren arsenige Säure vom Ozon zu Arsensäure oxydirt wird. Was von jener nicht umgewandelt wurde, wird nach Mohr's chemisch-analytischer Titrimethode²⁾ quantitativ bestimmt und schliesslich die Ozonmenge berechnet. In 100 m^3 Luft wurden durchschnittlich gefunden 1877: 1.9 mg , dagegen 1880 nur 0.6. Von den Monatmitteln fällt das kleinste in den December; die übrigen weichen wenig von einander ab. Bei NW.—ESE. kleiner, bei S. grosser Ozongehalt. Letzterer fällt ab mit steigender Häufigkeit polarer Winde. — Die von mehreren Forschern mehr oder weniger bestimmt ausgesprochene Vermuthung, dass in den höheren Luftschichten das Ozon reichlicher vorhanden sei, als unten, verwerthet Chappius³⁾ spectroscopisch. Nachdem durch ihn und Hautefeuille⁴⁾ die blaue Farbe des flüssigen Ozons festgestellt war, konnte erwartet werden, das Ozongas möge für Gelb und Roth Absorptionsstreifen zeigen. Dies wurde durch die Beobachtung bestätigt. Ob hierin die blaue Farbe des Himmels ausschliesslich begründet sei, dürfte bezweifelt werden, weil neben älteren guten Erklärungs-

1) Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1878. XIII, 300. — Annuaire de l'Obs. de Montsouris 1878.

2) Braunschweig 1874. Vieweg. 276, 350.

3) Naturforscher. XVI, 21.

4) Siehe § 64 am Ende.

versuchen ¹⁾ nicht vergessen werden darf, dass Lallemand ²⁾ das blaue Himmelslicht unpolarisirt fand und es als eine Fluoreszenzerscheinung der absorbirten violetten und ultravioletten Strahlen auffasst. In der Sitzung der französischen Akademie vom 27. März 1882 theilt M. Jamin eine Note mit, über das von Chappigus gesehene Absorptionsspectrum des Ozons. ³⁾ Dasselbe soll dadurch besser charakterisirt werden, als mittelst irgend einer anderen Eigenschaft. Hierbei wurde festgestellt die Zersetzung des Ozons in der Hitze und sein Verhalten zu Nebenerzeugnissen der Elektrizität. Neue Absorptionsbänder bei der Elektrisirung von Sauerstoff und Stickstoff führten auf die Existenz „de l'acide pernitrique“ und deren Eigenschaften. Die Lage der Bänder wurde bestimmt in Wellenlängen, wobei das Spectroskop mit einfachem wie doppeltem Prisma arbeiten konnte. Die Lichtstrahlen gingen durch eine, mit ozonisirtem Sauerstoff gefüllte Röhre von $4\frac{1}{2}m$ Länge unter einfachem Atmosphärendruck bei $15^{\circ}C$. Nr. 1. $\lambda: 628\cdot5$. Wurde blos zweimal gesehen bei besonders sorgsamer Bereitung und längster Erstreckung der Ozonsäule.

„ 2.	$\lambda: 609\cdot5—593\cdot5$	Largeur: 16	(erscheint am deutlichsten, besonders bei $603\cdot5—597$).
„ 3.	„ $677\cdot0—560\cdot0$	„ 17	(bei D.)
„ 4.	„ $547\cdot0—544\cdot5$	„ 2·5	
„ 5.	„ $535\cdot0—527\cdot0$	„ 8·0	
„ 6.	„ $508\cdot5—502\cdot0$	„ 6·5	
„ 7.	„ $492\cdot5—491\cdot0$	„ 1·5	
„ 8.	„ $484\cdot5—479\cdot0$	„ 5·5	
„ 9.	„ $470\cdot0—468\cdot5$	„ 1·5	
„ 10.	„ $464\cdot5—460\cdot0$	„ 4 5	
„ 11.	„ $440\cdot0$		

¹⁾ Clausius, An. d. Phys. (152) 1849. LXXVI, 188—195.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XVIII, 233.

³⁾ Comptes rendus. Paris 1882. XCIV, a. 858—860. — Frühere Untersuchungen C. R. LXXIV, 111.

Das Spectrum erscheint vorwiegend in Banden. Die Anwendung mehrerer Prismen ist nicht rathsam. Stärke und Breite der Streifen wächst mit Dichte und Druck des Gases. Temperaturerniedrigung vermehrt ihre Intensität. Das Spectrum der blauen Flüssigkeit aus Kohlensäure und Ozon stimmt zu dem des Gases.

66. Die Bedeutung des Ozons für das Leben der Menschen, Thiere und Pflanzen wies Schönbein in dessen kräftigem Oxydationvermögen nach. Ueber die Verbindung des Eintrittes und Aufhörens epidemischer Krankheiten mit Mangel oder Anwesenheit des Ozons liegen zu wenig überzeugende Thatsachen vor, um mehr als vermuthungsweise vorzugehen. Andrews¹⁾ findet die angebliche Erfahrung, dass ein Cholera-Ausbruch von Verminderung des atmosphärischen Ozons begleitet gewesen sei, durch spätere Forschungen widerlegt. Bestimmteres scheint von der reizenden Wirkung des Ozons auf die Athmungsorgane zu gelten. Von Mai bis September 1857 betrachtete Herr Redfern am Queens College in Belfast die Wirkung von Ozon und Sauerstoff auf Thiere mit dem Ergebniss, dass Sauerstoff mit $\frac{1}{240}$ Ozon durch Einathmung alle Geschöpfe tödtet, indem Emphysem der comprimierten Lunge, Distention des rechten Herzens mit flüssigem oder geronnenem Blute und Krampf eintritt. Thiere, welche verdünnteres Ozon einathmen, werden schläfrig und sterben, wenn sie anhaltend in solcher Atmosphäre erhalten werden, ruhig und langsam unter komatösen Erscheinungen. Die Herren Dewar und Mac Kendric in Edinburg fanden nach Einathmung stark ozonisirter Luft Minderung der Herzschläge und Athmungszüge, Sinken der Wärme um $3-5^0$ C., Venosität des Blutes; Reflexthätigkeit des

¹⁾ Roy. Society of Edinburgh (Vortrag). — Nature VIII, 347, 364. — An. d. Phys. (228) 1874. CLII, 311—331 (bes. 328).

Rückenmarks, Contractilität und Arbeitskraft der Muskeln bleiben lang erhalten. In Deutschland bearbeitete diese Fragen Herr Haller¹⁾ mit meteorologischer Beihilfe von Jelinek und Kreil. Der Durchschnittcurvenverlauf der Katarrhe und Lungenentzündungen einer-, des atmosphärischen Ozongehaltes andererseits stimmen sichtlich überein. „Gemeinschaftlich ist beiden das allmähliche Steigen im Winter, das Culminiren im Frühling, der tiefste Stand im Herbst; unterscheidend aber das viel raschere Erkranken der Athmungsorgane gegen den Winter zu und das Beharren der Ozoncurve nahe ihrer Culminationshöhe im Sommer, während Katarrhe und Lungenentzündungen im Beginne der wärmeren Jahreszeit mit beschleunigtem Falle ihrem Minimum zusinken.“ Aufmerksamkeit erregt die grosse Höhe der Ozonnachtcurve im Vergleich zur gesteigerten Empfindlichkeit und verminderten Widerstandskraft der Athmungswerkzeuge während des nächtlichen Schlafes. Ein Parallelismus²⁾ und nothwendiger Zusammenhang beider Erscheinungsreihen besteht nach den bisherigen wissenschaftlichen Forschungen nicht. Später³⁾ behandelt derselbe Forscher die Frage, ob der vortheilhaft hygienische Ruf, dessen sich die Bergluft erfreut, vielleicht überwiegendem Ozongehalte zuzuschreiben sei. Einschlägige Beobachtungen wurden gemacht am Fuscher-Bade im Salzburgerischen während des Sommers 1872 und 1873. Der Ort liegt 1179 *m* hoch zwischen benachbarten Kämmen, bis 4000 *m* aufragend. Zum Vergleich wurde die meteorologische Centralstation bei Wien, 194 *m* hoch, beigezogen.

¹⁾ Das Ozon u. sein Verhältniss zu den entzündlichen Krankheiten der Athmungsorg. Mit 2 Curventafeln. Wien 1870. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1871. VI, 264—267.

²⁾ Siehe § 65 am Anfang.

³⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1874. IX, 81—84.

2.—17. Juli 1872 war das Ozonmittel: Wien, Nacht 7·2, Tag 5·3; Fusch 6·6, 7·3 (kalt und regnerisch). 11. bis 31. Juli 1873 (warm und heiter); dort: 2·9, 2·7; hier; 5·2, 5·3. Auf der Höhe war der Tag etwas ozonreicher als die Nacht; zu Wien umgekehrt. Grössere Unterschiede der Reaction scheinen nur einzutreten, wenn diese, wie bei sogenanntem schönen Wetter, überall geringer ist. Dass auf Ballonfahrten, unter Anderen durch Glaisher, keine sicheren Resultate über die vermuthete Ozonzunahme gefunden wurden, liegt wohl grossentheils in der zu kurzen Expositionszeit der Probepapiere. Freilich dürfen die Zwischenzeiten der Prüfung auch nicht allzulange dauern, weil sonst ein Rückgang der Färbung möglich wäre. Die richtige Zeit dürfte 8 bis 12 Stunden sein. Im Uebrigen ist der Heilsamkeit der Gebirgsluft gegenüber nicht zu vergessen, dass bei aller Anerkennung der gesteigerten Oxydationsthätigkeit des Ozons noch andere Factoren jener Salubrität vorhanden sind, besonders Reinheit der Atmosphäre von organischen Keimen, ein günstiger Feuchtigkeitsgehalt und mächtige Insolation. — Wie wenig, auch dem Ozon gegenüber, theoretische Erwartungen befriedigt werden, zeigt der Ozongehalt der Wüstenluft, welche kaum im hervorragenden Rufe der Zuträglichkeit steht. Herr Zittel¹⁾ aus München fand die in sterilster Wüste erhaltenen Ozonreactionen erheblich stärker als auf fruchtbaren Oasen oder im Nilthale. Dort war der Mittelwerth im Januar und Februar 7·3, hier 4·8; unter Tags etwas schwächer als in der Nacht; am höchsten bei Klarheit, Thau oder Reif, NW. und W.; am geringsten bei Bewölkung und besonders nach oder während dem Samum (SSE.). Hinsichtlich des Thaues ist

¹⁾ Reise in der libyschen Wüste. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1874. IX, 301.

bemerkenswerth, dass weniger die schon eingetretene Verdunstung als die bei seiner, hier äusserst reichlichen Bildung wirksame Condensation die tiefste Färbung der Papiere hervorbrachte. Die Vegetation erwies sich von keinerlei begünstigendem Einfluss. Dies ist eigentlich nicht zu verwundern, denn die mit dem Pflanzenwuchs direct oder mittelbar zusammenhängenden Processe sind im hohen Grade Sauerstoffverzehrter und verhältnissmässig weniger Oxygenbildner. Wo aber jene wirken, giebt es keinen Ozonreichthum. Andrews fand das Ozon sehr schwach vertreten in der Luft grosser Städte; es sei denn in, den Landwinden zugänglichen, Vororten; in überfüllten Räumen; um Fabriken herum, deren ozonzerstörender Einfluss 2—3 engl. Meilen weit verfolgt wurde. Selbst in grossen, gut gelüfteten Zimmern ist nur wenig Ozon vorhanden und an Orten mit organischen Abfall- und Zersetzungsmassen fehlt es ganz. v. Pettenkofer sagt: „Wenn man einmal den Ozongehalt der freien Luft genauer kennen wird, so werden wir an dem Ozonometer ein werthvolles Mittel haben, den Grad der Verunreinigung der Luft mit organischen Gasen zu beurtheilen.“¹⁾ Nach Prestel steht zum Ozon im verkehrten Verhältniss das Sumpfgas der ostfriesischen Marschen, welchem die Wechselfieber entkeimen. Herr Dr. Oettler in Greiz fand, dass der üble Geruch des Abortes erst verschwand, wenn der Ozongehalt auf ungefähr zwei Drittel der Maximalreaction stieg. Der Berliner medicinisch-ätiologische Verein hofft vom Ozon,²⁾ dass es das Blut von schädlichen Gasen befreie, die Absonderungen befördere, Muskeln und Nerven stärke. Hiermit kommen wir in das specifische Arbeitsgebiet des Sanitäts-

¹⁾ Untersuchgn. u. Beobachtgn. über die Verbreitungsart der Cholera.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1873. VIII, 353.

rathes Dr. Lender in Berlin und Kissingen.¹⁾ Er berichtet aus ersterer Stadt von einem luftreinigenden oder ozonbildenden Gewitter am 11. Mai 1875. In Hamburg sprach er über vermehrte Zufuhr gewöhnlichen wie ozonisirten Sauerstoffes. Die Luft über den nordischen Meeren zeigt eine höhere oxydirende Kraft als in südlichen; diejenige der adriatischen und tyrrhenischen See stärkere, als auf dem Atlantischen Ocean bei der Loangoküste. Wahrscheinlich liegt die Ursache in den Wärmeunterschieden. Lange Zeit hindurch vierstündig bei Tag und Nacht an den Gradirhäusern Kissings unternommene Messungen ergaben dort eine sehr hohe Oxydationskraft, ähnlich der an grossen Wasserfällen. Die Gradirluft hat allerdings keine meteorologische, sondern blos örtliche Bedeutung, diese aber für Kranke; wie denn längst scrophulöse Kinder an die Gradirwerke gesendet wurden wegen des daselbst merklichen Geruches, den man freiwerdenden Haloiden, besonders dem Jode, zuschrieb. Die Quelle der Ozonisirung wird darin gesucht, dass Wasser mit einem die Nordsee um 7 Procent übertreffenden Salzgehalt verdunstet an einer Fläche von $161.200 m^2$ in einem Raume von $15.600 m^3$ zusammengedrängt. Bei entsprechender Windrichtung wird ein beträchtlicher, der Luft beigemengter Salzgehalt $1 km$ weit verspürt, indem auf diesen Abstand die glühende Zimmeratmosphäre Kissings eine starke Spectralentwicklung der gelben *Na*- und violetten *Ka*-Linie zeigt. Um mit dem Ozongehalt der Seeluft, welche nach Prestel bei N. und NW. auf den Watten Norderneys in den weissen Wellenschaum übergeht, Vergleiche anzustellen, wurden quantitative Beobachtungen ausgeführt. Eine U-förmige Glasröhre wird mit reiner Jodkaliumlösung gefüllt. Die Röhre, einerseits mit Watte be-

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1875, X, 193. 1877, XII, 11. 1879, XIV, 61.

deckt, steht andererseits durch Schlauch und Knierohr mit einem tiefer gestellten Gefäss von 1 m^3 Inhalt in Verbindung. Dessen Wasserfüllung fliesst am Boden ab, Luft steigt dafür von oben herein. Deren Ozon zerlegt das Jodkalium in seine beiden Elemente. Um die Entstehung jodsauren Kalis zu hindern, ist ein wenig Sodawasser beigelegt und etwas Stärke zur Sichtbarmachung der Farbreaction. Der gefärbten Flüssigkeit giebt man so viel unterschwefeligsäures Natron bei, bis die Bläuung verschwindet. Ein Kubikcentimeter 0.1 unterschwefeligsäures Natron entspricht 0.0008 g Ozon nach der Formel $2(\text{Na O S}_2 \text{ O}_2) + \text{J} = \text{Na J} + \text{Na O S}_4 \text{ O}_5$. Waren n Kubikcentimeter der entfärbenden Flüssigkeit nöthig, so ist $n \times 0.0008\text{ g}$ Ozon nachgewiesen, von welchem je ein Gewichttheil 15.875 Gewichtstheile Jod ausscheidet. Eine desfallsige Untersuchung der Luft im von Nadelwald umgebenen Johannesthal bei Berlin gab für das menschliche Tagesbedarfsquantum von 8 m^3 Luft 0.001 g Ozon. Zu den neuesten Forschern über die hygienische Bedeutung des Ozons gehören die Herren Binz und Eyslein. Ersterer bemerkte auf Grund experimentaler Studien in Bonn,¹⁾ dass elektrisch ozonisirte Luft mit richtigem Gehalte an modificirtem Sauerstoff Schlaf bei der Einathmung hervorrufen könne. Auf die Verdünnung des Ozons durch atmosphärische Luft kommt indess hierbei, wie für alle biologischen Wirkungen, mindestens ebensoviel an als bei Weingeist und kaustischen Stoffen aufs Wasser. Herr Jehn fand nun bei Binz' Versuchen den Ozongehalt stark genug, dass die Jodkaliumstärke höchst intensiv gefärbt wurde. Andererseits wird erwähnt, dass die Reactionsstufen nicht angegeben zu werden pflegten; bei muthmasslich gleichem Grade derselben wurden

¹⁾ Berliner Klin. Wochenschr. 1882. I, II, 43. — Vorträge über Pharmakologie 1884. S. 226.

Einige gar nicht, Andere erst nach längerer Zeit eingeschläfert. Bei irgend welchem, wohl individuell sehr verschiedentlichem höheren Ozongehalt hebt Herr Binz die Reizungszustände der Schleimhäute des Athmungstractes so entschieden hervor, dass an hypnotische Erscheinungen kaum gedacht werden kann. Namentlich Hypochonder und Hysterische zeigen dem Ozon gegenüber ein höchst eigenthümliches Verhalten, werden unter Anderem vor Gewittern häufig unwohl, was Herr Rehm der „negativen Elektrizität“ zuschreibt. Die Schwankungen des psychischen Befindens sind nach ihm weit stärker und schneller als diejenigen des Ozongehaltes, dessen Steigen keineswegs immer Euphorie hervorruft. Die hier theilweise mitgetheilten Discussionen fanden auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Magdeburg 1884 in der dritten Sitzung der 20. Section für Psychiatrie und Neurologie statt, wo auch Herr Eyselein aus Blankenburg am Harz seinen Vortrag hielt „Ueber den Einfluss der Witterungsverhältnisse, speciell des Ozon auf das Befinden chronischer Nervenkranker“.¹⁾ Er beruft sich auf binnen 22 Monaten gewonnene 2000 Einzelbeobachtungen. Geschichtlich wird erinnert an den Alvenslebener Arzt Herrn Buchmann, der 1855 die Wirkungen des atmosphärischen Sauerstoffes und der Luftelektrizität auf das menschliche Befinden, ohne das Ergebniss bestimmter Gesetze, studirte; und an V. Reichenbach's odische Erregung Sensitiver. Die Atmosphäre des Harzgebirges ist als nervenstärkend berühmt. Es schien des Versuches werth, festzustellen, wie viel davon dem Ozon zugeschrieben werden dürfe. Nach Lender's 14theiliger Scala, der Herr Rehm allerdings nicht ganz mit Unrecht vorwirft, dass sie nach unten überflüssig

¹⁾ Tageblatt d. deutsch. Naturf.-Vers. Magdeburg 1884. 22, IX, 360—365.

viele gelbe Nuancen, nach oben kaum mehr distinctionsfähige tiefviolette, fast schwarze Farbentöne habe, welche indess, da es sich blos um relative Werthschätzungen handelt, in den überwiegend erscheinenden Reactionen zwischen 4 und 11 ganz gut vergleichbare Angaben liefert, wurden dreimal des Tages 8^h a., 2, 8^h p. m. Beobachtungen angestellt, indem die mit 1 Jodkalium, 10 Stärke, 200 Wasser getränkten Streifen schwedischen Filtrirpapieres 2m überm Boden, gegen Regen geschützt, der Luft zugänglich ausgehängt wurden. Bei den Ablesungen beachtete man stets die Stände des Hygro-, Thermo-, Barometer, Windrichtung (und Stärke?), Niederschläge, Gewitter, Tagesbeleuchtung und Mondwechsel. Für die Zeit von December 1882 bis December 1884 sind die Resultate graphisch in Curven dargestellt. Am häufigsten trat auf 11⁰, nämlich 369mal unter 1075 Fällen, gar nicht 2⁰; ganz fehlende Reaction wurde 59mal constatirt; der Jahresdurchschnitt war 9⁰, und zwar 8^h a.: 10·07, 2^h p. 8·72, 8^h p. m. 8·01⁰. (Die meteorischen Elemente für Blankenburg sind im Beobachtungsjahre Wärmemittel 9·325⁰ C.; relative Feuchtigkeit 69·56 Procent. Für 1. December 1883 bis 1. September 1884 trat unter 825 Fällen wieder 11⁰ am öftesten, 252mal auf, 1⁰ gar nicht, Mangel der Reaction 12mal. Als Maximalreaction ist verzeichnet in der ersten Periode 13^{0,1)} in zweiter 12⁰; sie nebst den nächsten Nummern stellten sich ein bei stark bewegter Luft, besonders S. und SW., hoher Feuchtigkeit, keineswegs aber bei Gewittern. Die unteren Zahlen erscheinen bei geringer Feuchtigkeit, E.- und NE.-Wind, schnellem Witterungswechsel. Null-Ozon fällt fast constant mit starker Nebelbildung zusammen. Als menschliche Agentien auf Ozon wirken am besten sensitive Naturen. Neurasthenische Reiz- und

¹⁾ Zufällig am 28. Juli 1883, dem Unglückstage von Ischia.

Schwächezustände, Hysterie, Hypochondrie, deprimirtes und exaltirtes Gemüth, Angst, Neuralgien, Lähmungen, geistige wie leibliche Erschöpfung, Verfolgungswahn, Hallucinationen, Apoplexien, Herzleiden, Lungencongestionen und Phthise, Asthma gehören von Krankheiten hierher. 10^0 übersteigender Ozongehalt wirkt ungünstig auf Nervenreizung, deren Opfer bekanntlich in den Bädern der ozonreichen Nordsee nicht prosperiren. $9-11^0$ ist am vortheilhaftesten für das Befinden. Zwischen 4 und 9^0 erscheinen leicht Störungen, namentlich bei abnormer Feuchtigkeit. Rasche Abnahme des Ozons unter 4^0 hat oft schnelle Verschlimmerungen, Zunahme aber ebenso plötzliche Besserung des Befindens zur Folge. Bei sehr niederer Ozonreaction beobachtete Herr Eyslein sensible wie motorische Schwäche der Nerven, geistige Gedrücktheit und Verstimmung, Unlust und Schlaffheit, Aengstlichkeit und Unsicherheit, Congestionen. In hohem Ozongehalt fühlen sich Reconvalescenten, rein körperlich Geschwächte wohl, während Nervenleidende, Herzkranke, Phthisiker dadurch überreizt werden. Sogenannte wunderschöne Tage, das Entzücken des Vergnügungstouristen, sind als in der Regel ozonarm, keineswegs immer hygienisch gut. Die Vorboten der Gewitter, von deren näherer oder fernerer Ausbildung der etwaige Wechsel des Ozongehaltes abhängt, wirken je nach dem Charakter der Nervenleiden entgegengesetzt, hier Angst und Erregung, dort Abstumpfung und tiefen Schlaf hervorrufend. Letzterer an sich wird vom Ozongehalt allein nicht bestimmt. Es kommt vielmehr, abgesehen von den persönlichen Nebenumständen, der Beschäftigung, des Aufenthaltes u. dgl., viel darauf an, wie die Ozonverhältnisse der vorausgegangenen Zeit waren. Ozonreichthum während der Nacht, vorausgesetzt, dass derselbe nach Lage der Zimmer oder Fenster gegen den Wind nutzbar gemacht werden konnte, wirkte heilsam auf guten Schlaf in Zuständen,

welche physisch oder psychisch der Hebung bedürfen, während chronische nervöse Irritation keineswegs dabei gewann. Kartarrhe und Entzündungen der Brust- wie Bauchorgane treten sowohl bei hohem als geringem Ozonwerthe auf, und Epidemien erfahren durch dasselbe so gut wie keinen Einfluss.

67. Von systematisch längerer Zeit durchgeführten Beobachtungsreihen über den atmosphärischen Ozongehalt mögen sechs genügen, weil sie in der Hauptsache die allgemeinen Ergebnisse solcher Untersuchungen in hinreichend klarem Lichte erscheinen lassen. Das Schönbein'sche Ozonometer besteht aus schmalen länglichviereckigen Streifen reinen Filtrirpapieres, welche mit Jodkaliumstärke, im kurz vorher gegebenen Verhältniss der Bestandtheile, getränkt sind, etwa 6 bis 12 Stunden der Luft ausgesetzt, in reines Wasser getaucht einen Farbenton annehmend, den man vergleicht mit einer Scala, welche von 0 = weissgelb bis 10 = dunkelviolett in bläulichen Tönen ansteigt. Mit demselben stellte 1853 in Bern Herr Rud. Wolf¹⁾ Versuche an. Zweitägliche Ablesungen ergaben die Mittelwerthe: December 9·3, Januar 9·4, Februar 13·0, Winter 10·57; März 13·2, April 12·6, Mai 13·0, Frühling 12·93; Juni 8·7, Juli 4·7, August 7·1, Sommer 6·83; September 6·8, October 5·2, November 5·2, Herbst 5·73. Das Maximum der durchschnittlichen Reaction fiel entschieden in den Frühling, das Minimum in den Herbst; der Unterschied betrug 7·2. Das Jahr (mit dem Ozonmittel 9·015) war indess anomal meteorisirt. Heitere Tage, trockene Nebel, Ostwinde brachten tiefe; Gewitter, Westwinde, Regen und Schnee hohe Ozonreaction. An Tagen mit 720 *mm*

¹⁾ An. d. Phys. (167) 1854. XCI, 314. — (170) 1855. XCIV, 335. — (173) 1856. XCVII, 640. — Die Original-Einzelwerthe stehen in d. Mittheilgn. d. naturf. Ges. in Bern.

überschreitenden Barometerständen betrugen die Mittelwerthe 4·69; unter 700 *mm* 12·00; an heiteren Tagen 4·86; Nebeltagen 5·13; Gewittertagen 10·92; Regentagen 11·40; Schneetagen 14·15. — Vom December 1853 bis November 1854 erhielt man December 9·3, Januar 10·8, Februar 13·2, Winter 11·1; März 10·2, April 8·4, Mai 11·8, Frühling 10·1; Juni 11·3, Juli 6·5, August 6·5, Sommer 8·0; September 5·1, October 7·0, November 10·3, Herbst 7·5. Hier fällt das Maximum in den Winter, das Minimum wieder in den Herbst, mit der Differenz 3·6. Das Jahresmittel 9·175 weicht vom vorigen nur um 0·12 positiv ab. Die Vertheilung in die Jahreszeiten ist aber verschieden, denn der Frühling erscheint diesmal ärmer; Sommer, Herbst und Winter reicher an Ozon. Das jährliche Tagesmittel ist bei Heiterkeit 7·40, ohne Niederschlag 8·03, mit solchem 10·41; bei S. 8 (vorjährig 9·4), SW. 11·4 (11·8), W. 12·8 (11·8), NW. 10·6 (9·8), N. 10·6 (8·4), NE. 9·0 (9·6), E. 7·1 (5·0). SE. 6·7 (6·0). Im nächsten Jahre setzte der Nachfolger des unterdess nach Zürich übergesiedelten Herrn Wolf, H. Koch die Beobachtungen in gleicher Weise fort und fand Januar 11·11, Februar 12·39, März 12·27, April 7·82, Mai 7·85, Juni 10·63, Juli 8·68, August 7·82, September 9·10, October 7·03, November 16·05, December 13·12; Winter 12·20, Frühling 9·31, Sommer 9·04, Herbst 8·73; Jahr 9·82. Letzterer Werth erscheint gegen das Vorjahr um 0·645 vermehrt. Maximum und Minimum liegen in gleichen Jahreszeiten wie dort. Für die einzelnen Monate fallen Maximum und Minimum beziehentlich 1853 auf März (13·2) und Juli (4·7); 1854: Februar (13·2) und September (5·1); 1855: Februar (12·39) und October (7·03).

In zweiter Reihe veröffentlichte als „erste Resultate ozonometrischer Beobachtungen in Krakau“ Herr F. Karlinski folgende Werthe unter vorangeschickten Bemerkungen:

kungen.¹⁾ Es wurde die Reaction aufgezeichnet um 6^h a. und 10^h p. m. Die regelmässig berücksichtigten Papierstreifen waren gen N. exponirt. Die anderen Himmelsgegenden wurden blos gelegentlich zur Prüfung des Windeinflusses benützt.

1854:	Januar	. . .	3·79	Tag,	4·82	Nacht,	4·30	Mittel
	Februar	. . .	4·72	„	7·32	„	6·02	„
	März	. . .	6·19	„	7·87	„	7·03	„
	April	. . .	5·15	„	5·98	„	5·57	„
	Mai	. . .	5·56	„	7·07	„	6·32	„
	Juni	. . .	4·77	„	5·45	„	5·11	„
	Juli	. . .	3·47	„	4·62	„	4·05	„
	August	. . .	3·77	„	4·77	„	4·27	„
	September	. . .	4·00	„	3·58	„	3·79	„
	October	. . .	4·77	„	4·74	„	4·76	„
1853:	November	. . .	5·14	„	5·78	„	5·46	„
	December	. . .	4·60	„	5·32	„	4·96	„
	Frühling	. . .	5·63	„	6·97	„	6·30	„
	Sommer	. . .	3·97	„	4·95	„	4·46	„
	Herbst	. . .	4·33	„	4·48	„	4·40	„
	Winter	. . .	4·37	„	5·82	„	5·09	„
	Jahr	. . .	4·54	„	5·53	„	5·04	„

Das Maximum fällt in den Frühling, das Minimum in den Herbst; unter den Monaten jenes auf März, dieses auf September. Nur im letzteren Monat und October ist die nächtliche Reaction kleiner als am Tage. Als zwanzigjährige Mittel theilt derselbe Forscher am nämlichen Orte (1853—1873) mit:²⁾ December 3·35, Januar 3·79, Februar 4·64, Winter 3·93; März 5·49, April 5·07, Mai 5·04, Frühling 5·20; Juni 4·79, Juli 4·29, August 4·47, Sommer 4·51; September 3·99, October 3·64, November 3·87, Herbst 3·83; Jahr 4·37.

¹⁾ An. d. Phys. (169) 1854. XCIII, 627.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1874. IX, 94.

Aus St. Petersburg berichtet Herr v. Herder als achtjährige Mittelwerthe¹⁾ die Häufigkeit der drei höchsten Schönbein'schen Ozonoskopgrade:

8⁰ Januar 7·9, Februar 7·1, März 6·3, April 5·7, Mai 6·0, Juni 2·9, Juli 5·0, August 4·8, September 6·0, October 7·2, November 8·4, December 8·1.

9⁰ Januar 2·9, Februar 3·5, März 2·6, April 3·4, Mai 1·0, Juni 0·3, Juli 0·7, August 1·2, September 2·5, October 2·4, November 3·9, December 4·5.

10⁰ Januar 0·5, Februar 0·75, März 0·43, April 0·43, Mai 0·29, Juni 0, Juli 0, August 0, September 0·25, October 0·25, November 1·12, December 0·37.

Für die Azoren und Madeira giebt Herr Hann²⁾ nach der Publication des Herrn Fradesso da Silveira: „Annaes do Observatorio do Infante D. Luiz Lisboa, vol. III—VIII“ folgende Ozonwerthe der zehntheiligen Scala:

Delgada: December 7·2, Januar 7·4, Februar 6·8, März 6·8, April 6·4, Mai 6·2, Juni 5·6, Juli 5·2, August 4·4, September 5·2, October 5·7, November 6·4, Jahr 6·1.

Funchal: December 6·5, Januar 7·3, Februar 6·8, März 6·5, April 5·9, Mai 6·0, Juni 5·6, Juli 5·2, August 5·2, September 5·3, October 5·8, November 6·8, Jahr 6·1.

Die Zahlenreihen stimmen ziemlich gut zusammen. Die Jahresmittel sind identisch; die Maxima fallen beide mal in den Januar, die Minima auf August. Den Jahreszeiten nach haben wir dort: Winter 7·1, Frühling 6·47, Sommer 5·07, Herbst 5·77; hier: Winter 6·87, Frühling 6·13, Sommer 5·33, Herbst 5·97; also an beiden Orten ein Wintermaximum und ein Sommerminimum, auf Madeira mit etwas kleinerer Amplitude. Für das nordische Peters-

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1871. VI, 46.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1871. VI, 411.

burg ist bemerkenswerth der gänzliche Mangel des höchsten Ozonoskopgrades in den drei Sommermonaten. Das relative Uebergewicht der kalten Monate erscheint noch auffälliger, wenn die drei höchsten Stufen in ihren Verhältnisszahlen addirt werden, was in Betracht der geringen Farbendifferenz erlaubt ist. Man erhält dann: October 9·85, November 13·42, December 12·97, Januar 11·3, Februar 11·35, März 9·33, Winterhalbjahr durchschnittlich 11·37; April 9·53, Mai 7·29, Juni 3·2, Juli 5·7, August 6·0, September 8·75, Mittel 6·74; Unterschied beider Semester 4·63.

Herr Ebermayer¹⁾ organisirte 1868 forstliche Ozonstationen und verglich ihre dreijährigen Mittelwerthe mit den fünfjährigen Durchschnitten seines damaligen Wohnortes:

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Aschaffenburg	6·72	6·59	6·26	6·44	6·51
Duschelberg (bayr. Wald)	7·76	7·77	7·73	7·81	7·76
Seeshaupt (Starnberg. See)	9·04	8·65	8·95	8·78	8·85
Rohrbrunn (Spessart) .	8·11	7·99	8·42	8·50	8·25
Johanneskreuz (Haardt) .	8·25	8·35	8·90	8·65	8·57
Ebrach (Steigerwald) . .	8·10	7·03	7·93	8·65	7·89
Altenfurth (Reichswald) .	7·19	6·35	6·88	8·11	6·98
Mittel der Waldstationen	8·07	7·65	8·07	8·31	8·02
Differenz gegen Aschbrg.	1·35	1·06	1·81	1·87	1·51

stets zu Ungunsten der Stadt. Wird jedoch diese ziemlich ländlich mit Gärten, Bäumen und Gebüsch durchsetzt wie umgeben, mit einem grösseren, enger geschlossenen Häusercomplex, wie Zwickau,²⁾ verglichen, so erwachsen für letztere Stadt die Werthe: Jahr 2·95 (3·56), Frühling 3·51 (Differenz 3·21), Sommer 3·68 (2·91), Herbst 2·64 (3·62), Winter 1·95 (5·51). Eine sehr umfangreiche Reihe

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1873. VIII, 356.

²⁾ Bruhn's Beobachtgn. d. sächs. meteorolog. Stat. 1868—69.

von Beobachtungen wird durch Herrn Sanitätsrath Dr. Lender in Berlin gesammelt, begleitet mit Bemerkungen, Literaturberichten und Originalforschungen über elektrische, mechanische, attractive, thermale Kräfte der Luft, deren Feuchtigkeit, Niederschläge, Verdunstung, Bewölkung, mit besonderer Berücksichtigung der auf den Menschen angewandten Meteorologie, und veröffentlicht im „kais. deutschen Reichs- und königl. preuss. Staats-Anzeiger“ zu Berlin. Ich selbst arbeite daran seit Juni 1878 auf durch Herrn Lender an mich ergangene Einladung mit, und zwar in der Reihe der Stationen erster Classe, „welche in 24 Stunden dreimal nach der 14 Theil-Scala¹⁾ mit denselben Reagenspapieren messen“. Als solche sind bei meinem Eintritt verzeichnet: Weissenburg (v. Bebber), Wien (Hann), Ilmenau (Preller), Bamberg (Hoh), Czortków (Buschak), Werningshausen (Beck), Lemberg (Staneczky), Nedanocz (v. Friesenhof), Dresden (Neubert), Leipzig (Bruhns). Dazu kommen Stationen zweiter Ordnung, „welche in 24 Stunden zweimal nach der 14 Theil-Scala mit denselben Reagenspapieren messen“: Oedenburg (Filiczky), Pettau (Reithammer), Aschaffenburg (Ebermayer), Wien (Zsigmondy), Graz (Guggy), Prag (Hornstein), Neustadt a. H. (Dicknether), Krakau (Karlinsky), Budapest (Schenzl), Klagenfurt (Seeland). Als österreichische Militärstationen functioniren: Olmütz (Rex), Kaschau (Sladek), Innsbruck (v. Ferroni), Josefstadt (Holy), Troppau (Grielich); als Gebirgstationen: Bad Gastein (Proell), Maniow (Podolinski), Krynica (Badeverwaltung), Jodlownik (v. Romer), Schmiedeberg (Dauermann), Spital (Paur), Oberdrauburg (Unterkreuter); als

¹⁾ Die Lender'sche Scala nebst Papieren bezog ich aus d. chem. Fabrik v. Gebr. Lenz (früher Kroll und Gärtner), Berlin, Dorotheenstr. 78—79 NW. — Seit 4 Jahren bereite ich die Reagirstreifen selbst nach üblicher Vorschrift.

Küstenstationen: Colbergmünde (Zierner), Pola (Müller), Neapel (Brioschi). Im Laufe der Jahre änderte sich darin Einiges. Die letzte Uebersicht, welche ich bis dahin (15. Januar 1886) erhielt, datirt 7. December 1885, führt auf als Stationen I. Classe: Kolberg, Pola, Wien, Lemberg, Bamberg, Reinerz, Friedenau; II. Classe: Prag, Spital, Josefstadt, Kaschau; III. Classe: Berlin, Dalldorf, Friedrichshain. Meine Aufzeichnungen geschehen um 7^h a., 2^h, 9^h p. m. an einem gen Ost schauenden Fenster meiner Wohnung mit der Aussicht in einen circa 60 m² grossen Garten, der wenig von Gebäuden umstellt, frei genug liegt, um einen ergiebigen Luftwechsel zu gestatten, umsomehr, da das ganze Anwesen, villenartig in einem der freiesten Theile der Stadt liegend, eine gute Ventilation erfährt. Uebrigens wird zur Controle des Tages mindestens einmal zu einer der oben gegebenen Stunden beobachtet an einem tadellos frei über allen Häusern gegen Nord gelegenen Fenster meines persönlichen Laboratoriums oder Arbeitszimmer im physikalischen Institut des K. Lyceums, 246·4 m über dem Mittelmeer und 10·9 m ober der Erdoberfläche. Um richtige Tagesmittel irgend eines meteorologischen Elementes berechnen zu können, muss man entweder mindestens stündlich wirklich beobachtete Aufzeichnungen machen und deren Summe durch 24 dividiren, oder mittelst des natürlich von wissenschaftlichen Erwägungen geleiteten Versuches die Wahl der Stunden und die rechnerische Behandlung der notirten Werthe feststellen, deren Ergebniss dem wahren Mittel am nächsten kommt. Indem auf diesem Wege v. Friesenhof durch stündliche Beobachtungen den mittleren Werth aufsuchte, der aus den Tagesschwankungen des atmosphärischen Ozongehaltes hervorgeht, fand sich, dass jenem die sogenannte „Werthzahl“ (*W*) sehr gut entspricht, welche erhalten wird, wenn das arithmetische Mittel der Mittag- (*M*) und Abend- (*A*) Ablesung ver-

giebt aber auch die Einwirkung von 10; *M* die von 7; *A* von 7 Stunden.

Zur Vergleichung folgen die monatlichen „Werthzahlen“ im Jahre 1883¹⁾ für die Städte:

	Wien (Hohe Warte)	Colberg	Bozen	Berlin (Friedr.-H.) ²⁾
Januar . . .	31·25	33·5	26·8	5·3
Februar . . .	34·95	34·2	29·5	5·9
März . . .	35·55	35·5	34·6	8·6
April . . .	38·10	36·9	19·2	9·6
Mai . . .	34·50	35·9	32·1	9·3
Frühling . .	36·05	36·1	28·6	9·2
Juni . . .	34·25	35·0	30·1	?
Juli . . .	32·60	34·7	29·0	7·0
August . . .	32·20	36·3	29·7	7·3
Sommer . .	33·02	35·3	29·6	7·15
September .	32·50	33·9	28·9	4·4
October . .	22·70	35·0	32·7	3·7
November .	21·04	34·7	28·7	1·1
Herbst . .	25·41	34·5	30·1	3·1
December .	26·10	35·0	27·4	3·8
Winter . .	30·77	34·2	27·9	5·0
Jahr . . .	31·31	35·02	29·05	6·11
Maximum . .	38·1 (Apr.)	36·9 (Apr.)	34·6 (Mz.)	9·6 (Ap.)
Minimum . .	21·04 (Nv.)	33·5 (Jan.)	19·2 (Ap.)	1·1 (Nv.)
Differenz . .	17·06	3·4	15·4	8·5

Ordnung der Jahreszeiten:

Frühling 36·05, Frühling 36·1, Herbst 30·1, Frühling 9·2
 Sommer 33·02, Sommer 35·3, Sommer 29·6, Sommer 7·15
 Winter 30·77, Herbst 34·5, Frühling 28·6, Winter 5·0
 Herbst 25·41, Winter 34·2, Winter 27·9, Herbst 3·1

¹⁾ Dieses Jahr ist bloß deshalb gewählt, weil mir von anderen Zeiten keine vollständige Reihe zur Verfügung steht.

²⁾ Hier wird nur Einmal am Tage beobachtet.

Der Frühling erscheint aus der sonst allerwärts anerkannten Präponderanz des höchsten Ozongehaltes nur in Bozen verdrängt. Vermuthlich steckt in der Aprilangabe $\left(\frac{5.8 + 4.1}{2} \times 3 + 4.4 = 19.25\right)$ ein Irrthum.

5. Das Helenenfeuer.

68. Wenn das Nordlicht, in voller Schönheit wenigstens, blos in höheren Breiten ein glänzendes Zeugniß von den magnetelektrischen Eigenschaften der Erde giebt, erscheinen in allen Zonen und zu jeglicher Jahreszeit an Spitzen der Thürme, Schiffsmaste oder Baumzweige jene reizenden Flämmchen, welche je nach dem Schauplatz und der Zeit ihres Auftretens, je nach Bildung oder Auffassungsgabe des Beobachters bald abergläubische Furcht, bald fromme Hoffnung, bald unbefangenes Entzücken hervorriefen. Dass sie Spuren elektrischer Ausströmung seien, ist längst, mindestens seit Franklin,¹⁾ bekannt und viel zweifelloser physikalisch nachgewiesen, als dies noch jetzt dem im Einzelnen räthselhaften Polarlicht gegenüber behauptet werden darf. Es genügt, im Dunklen eine in Thätigkeit versetzte Elektrisirmaschine an Saugkämmen oder Elektroden spitzen zu betrachten, um das sanft zischende Licht ausfahren zu sehen, das vom schwachvioletten Glimmen bis zum helleren Büschel variirt und auch aus Fingerspitzen hergeleitet werden kann, welche man der rotirenden Glasscheibe nähert. Wahrscheinlich sind die Bedingungen der zarten Erscheinung in der Atmosphäre oft gegeben und kommen nur nicht zum sinnlichen Eindruck, weil das grellere Licht des Tages, selbst des Mondes, sie unterdrückt oder

¹⁾ Courtinon, Hist. de l'Acad. 1752, pag. 10. — Gehler, Phys. Wörterb. 1842. X, b. 1626.

zufällige Nebenumstände ungünstig liegen. Ausserdem würde wohl ein empfindliches Auge Spitzen und Kanten vieler Gegenstände so zauberisch umleuchtet erblicken, wie es den Sensitiven v. Reichenbach's mittelst des „Qdes“ gelang.

69. Die einzelne Helenaflamme¹⁾ erschien den Seefahrern des Alterthums Unheil verkündend, während das zweizackige Feuer als Glück bringend mit den Namen der Dioskuren: Kastor und Pollux,²⁾ bezeichnet ward. Ausserdem waren oder sind noch herkömmlich die Benennungen: Elias-, Hermes-, St. Clara-, Nicolaus-, Elms-Feuer. Die letzte, sehr gebräuchliche Bezeichnung ist nach Piper³⁾ christlichen Ursprunges und hergeleitet von einem Heiligen, zuerst erwähnt 596 von Gregor: Erasmus, Ermus, Ermo, Elmo, dem zwei Forts bei Neapel wie auf Malta gewidmet wurden, und welchen nach Papebroch⁴⁾ die Schiffer des Mittelmeeres in Stürmen um Hilfe anriefen. Das Sinnbild der Zwillinge prangte am alexandrinischen Schiffe, das den Apostel Paulus von Malta nach Puteoli brachte; und die elektrische Flamme zierte einen altchristlichen Marmorsarkophag, den die Fundamentgrabungen der Peterskirche in Rom zu Tage förderten; über einem Schiffe, von welchem Jonas ins Meer geworfen wird, schwebt ein weibliches Brustbild, das allerdings auch andere Deutungen erfuhr.⁵⁾ Vielleicht ist damit die Jungfrau Maria gemeint, welche als Stella maris die Schiffe beschützen sollte. Darauf beziehen sich mehrere Legenden, namentlich aber die Beschreibungen

¹⁾ Plinius II, 37.

²⁾ Seneca, Nat. quaest. I, 1.

³⁾ An. d. Phys. (158) 1851. LXXXII, 317—326.

⁴⁾ Act. Sanct. Antv. Jun. I, 390.

⁵⁾ Abbildg. hiervon auf Tab. I, Fig. 9 des unter 3. genannten Bandes.

eines im 13. Jahrhundert zu Mainz herausgegebenen *Passionales*, wo es heisst, auf dem Maste sei ein Fackellicht erschienen, das sich weit umher verbreitet und die zuvor bestandene Finsterniss siegreich vertrieben habe; Sturmwind und Toben der Wellen wäre hiermit verschwunden.¹⁾ Die Spanier und Portugiesen beziehen die fragliche Lichterscheinung auf den Dominikaner Petrus Gonzalez (1240), welcher nach Sampayo auf dem Ocean Stürme beschwichtigend mit bläulich brennender Flamme an den Masten erscheine. Zwei Schilderungen namhafter Dichter des 16. Jahrhunderts sind an sich gut; bemerkenswerther indess deshalb, weil aus der stilistischen Form der Einverwebung in den Text die Erscheinung als zu jener Zeit allbekannt anzunehmen ist. Bei Ariost²⁾ heisst es: „Bald erheit're sich des Himmels Bogen, verheisst S. Ermos längst ersehnter Schein, der auf dem Bugspriet leuchtend aufgegangen“; bei Camoëns:³⁾ „O lume vivo, que a maritima gente tem por santo, em tempo de tormenta“. Die hiermit verknüpfte Schilderung einer gefährlichen Wasserhose würdigt v. Humboldt der Aufnahme in den Kosmos.⁴⁾ Im Uebrigen steht alles Obige in mythischem und religiösem Nimbus, welcher von der Klarheit naturkundiger Auffassung gewaltig absticht. In letzterem Sinne wird von mittelalterlichen Schriftstellern unsere Erscheinung so gut wie nicht erwähnt. Auch Isidor von Sevilla⁵⁾ übergeht sie, obwohl er vom Meeresleuchten beim Ruderschlage spricht. Vincenz v. Beauvais⁶⁾ weist einfach auf die früher erwähnte Be-

¹⁾ Pfeiffer, Marienlegenden. Stuttgart 1846. S. 87. (Lat. Text von Potho.)

²⁾ Orlando furioso (1515). XIX, 50. (Uebers. v. Streckfuss.)

³⁾ Os Lusiadas de Camoëns (1572). V, 18.

⁴⁾ II, 59—60.

⁵⁾ De natura rerum. 38.

⁶⁾ Spec. natur. IV (73), 278.

merkung bei Seneca hin. (In magna tempestate solent apparere quasi stellae velo insidentes.)

70. Gut bestätigte Angaben über beobachtete St. Elmsfeuer giebt es nicht allzuviele, um sie nicht nöthigenfalls einzeln berichten zu können. Doch stimmen die meisten in den wesentlichen Stücken so überein, dass eine Auswahl der merkwürdigsten Beschreibungen genügt, und zwar auch für diese unter Hinweis auf die Quelle eine abgekürzte Darstellung. 1696 sah der Graf Forbin¹⁾ während eines Gewitters 30 Elmsflammen zugleich, deren eine $1\frac{1}{2}'$ hoch zum Maste bei Annäherung eines Matrosen vom abgenommenen Windflügel herabsprang. 1767 sahen Jallabert und Saussure auf einer Alpenreise aus Fingern und Hutschnallen Funken sprühen, und Snell machte mit seinem Bruder ähnliche Beobachtungen.²⁾ Von wissenschaftlicher Genauigkeit ist die „Nachricht von einem höchst elektrischen Graupel- und Schneewetter, welches Abends am 25. Januar 1822 die Freiburger Gegend traf“, durch Prof. Lampadius.³⁾ Die ersten Regentropfen gingen bald in Graupel, später in dichten Schnee über. Dabei bemerkte man „einen äusserst elektrischen Geruch“. Das Bennet'sche Elektroskop divergirte im Freien stark. Nach Angabe dreier Bergleute leuchteten die herabfallenden Graupeln.⁴⁾ Ein Studirender, v. Thielau aus Braunschweig, sah bläulich-weiße helle Flämmchen an allen Zweigspitzen, die verschwanden beim Abwärtsziehen der Aeste, doch bei deren Emporschnellung gleich wieder erschienen. — Hierzu fügt Gilbert einige Bemerkungen und Nachträge. Dr.

¹⁾ Hamburger Magazin. VII, 425.

²⁾ Hist. de l'Acad. 1767, pag. 33. — Lichtenberg's Magazin V, 111.

³⁾ An. d. Phys. 1822. LXX, pag. 113—134.

⁴⁾ Forskall sah am 22. April 1759 leuchtende Schneeflocken.

Allamand schreibt an Prof. Pictet aus Fleurier in Neuchâtel am 1. Juni 1821, dass er am 3. Mai um 10 Uhr Abends, von einem heftigen Gewitter überrascht, seinen Hutrand leuchtend sah; desgleichen das Wasser, welches er von der Krempe mit der Hohlhand abschöpfte; ferner auch die Fischbeinspitzen des Regenschirmes, der vorher wegen Befürchtung, der Blitz möge angezogen werden, weggeworfen worden war. Zwei ähnliche Fälle werden aus 1817 mitgetheilt. James Braid, Chirurg in Leadhills, fand um 9 Uhr Nachts am 20. Februar 1817 die Ohren des Pferdes und seinen Hutrand leuchten, auch kleine Funken von hier wie dort ausfahren. Mit beginnendem Regen verschwanden diese, und nachdem Pferd wie Hut recht nass geworden waren, auch die ruhigeren Lichter. Seit mehreren Tagen war die Atmosphäre der Umgebung mit viel Blitz und Donner heimgesucht worden. Am 17. Januar 1817 wurde Aehnliches an der Ostküste der nordamerikanischen Union beobachtet. Die Flammen machten ein Geräusch wie siedendes Wasser; ihr Leuchten wurde durch Bewegung erhöht. Ausgespuckter Speichel wurde unweit vom Munde leuchtend. Nicholson¹⁾ fand ebenfalls „Wetterlichter“ an den Ohren seines Reitpferdes, während der Kopf eines anderen Pferdes ganz in Flammen zu stehen schien. Bemerkenswerth auch der wenig erforschten Gegend wegen ist die Erzählung Burchell's.²⁾ Am Abend von einer Missionärstation Südafrikas heimkehrend, sah er plötzlich auf den fushohen Grashalmen 15' im Umkreis eine blendende Lichterscheinung, wie wenn der ganze Wiesenraum brenne.³⁾ Kein explosives Geräusch begleitete das Phänomen; auch

¹⁾ Phil. Transact. LXIV, 351.

²⁾ Reise in Südafrika. I, 368.

³⁾ „Brennen der Bäume“?! bei Gemmingen am 8. März 1817.
— Schübler, Mittheilungen. 153.

dessen Anfang, wie es schien durch einen vom Zenith entsendeten Schimmer oder Glanz bezeichnet, war ebenso lautlos, wie jeder der vorher am Horizont aufleuchtenden Blitze. Seltsam, fast an Irrlichter erinnernd, ist eine Mittheilung der Frau von Laroche,¹⁾ dass im Maschinenwerke zu Marly die Eisenstangen der Pumpen mit kleinen Flammen besetzt würden, „die sich den Berg auf und ab bewegten“, sobald ein Gewitter durchs Thal ziehe. Bourdet²⁾ kam bei einem nächtlichen Marsche durch Polen in solchen Sturm und tiefe Finsterniss, dass die Reiter nicht mehr die Köpfe ihrer Pferde sahen. Plötzlich leuchteten letztere an allen Haaren mit Ausnahme der abwärts gekehrten Mähnen und Schweife. Nach 3—4 Minuten verschwand der Schimmer. Herr Medicinal-assessor Mohr in Coblenz erzählt³⁾ die Beobachtung, welche ein Arzt machte, der in der Neujahrsnacht 1833—34 von Jülich nach Düren mit seinem Diener ritt. Es war stürmisch und völlig finster, abgesehen von rasch aufsprühenden und wieder verschwindenden Funken, welche er anfangs für eine Augentäuschung hielt; doch dauerten zwei dicht vor ihm lange genug aus, dass die Ohren des Pferdes gesehen wurden, dessen Kopf und Hals später ganz umleuchtet erschien. Aehnlich war es beim Pferde des Dieners. An vielen Leibesstellen, wo die Haare sich emporrichteten, waren Feuerperlen verstreut; die unteren Theile der Mähnen und der Schweif leuchteten nicht. An der vom Winde längst ausgeblasenen Pechfackel, welche der Diener geschultert trug, erschienen auf allen Fäden Lichtpunkte. Die Erscheinung erneuerte sich drei- oder viermal und währte jedesmal 4—6 Minuten. Blitze über Düren hinaus glaubte

¹⁾ Reise durch Frankreich. I, 476.

²⁾ Edinburgh, Phil. Journ. XXII, 405.

³⁾ An. d. Phys. (110) 1835. XXXIV, 370.

bloß der Diener gesehen zu haben. Eine Aehnlichkeit mit Phosphoreszenz wird abgesprochen. — Der bekannte Tourist und Chemiker Herr Ernst v. Bibra berichtet,¹⁾ dass Herr Landgerichtsarzt Dr. Riegel in Klingenberg auf einem Ritt dorthin von Kleinheubach aus am 31. October 1837 in regnerischer finsterner Nacht bei der Ueberfahrt durch den Fluss, und zwar am stärksten in dessen Mitte, „feurige Quasten“ an den Pferdeohren, einzelnen emporstehenden Haaren und der Spitze seiner Reitpeitsche gesehen habe.²⁾ — Prof. Dr. S. Lorscheid erblickte am 30. Juni 1873 in Münster³⁾ auf einem Kirchthurmhahne ein prächtiges Elmsfeuer um 7¹/₂ Uhr Abends, während gleichzeitig eine Gewitterwolke über die Stadt hinzog. Auch während eines Gewitters, dessen Wolke, Blitze aussendend, 3800—4500 *m* hoch stand, sah Pictet⁴⁾ ein kurzes Elmsfeuer. Herr Dr. Assmann, der bekannte und verdiente Leiter der Magdeburger Wetterwarte, berichtet von dort am 24. November 1883,⁵⁾ dass am 20. desselben Monats in Früstedt bei Taevenitz in der Altmark ein exquisites St. Elmsfeuer beobachtet wurde. Abends über Land fahrend, erblickte sein Gewährsmann Feuerstrahlen ausfahren aus den Zweigen der Gebüsche und Bäume, aus vorstehenden Spitzen des Regenschirmes; an den Haaren des Pelzkragens wurden hellgelbe Fünkchen sichtbar. Nicht eigentlich die Wolken, sondern die unteren Luftschichten waren alle 5—10 Minuten von diffusem Lichtschimmer durchzuckt, das dem gewöhnlichen Wetterleuchten vergleichbar schien.

¹⁾ An. d. Phys. (122). XLVI, 655.

²⁾ An. d. Phys. (188) 1861. CXII, 643. — Bei ähnlichem Wetter auf der „Danziger Höhe“: brillanter Feuerschmuck einer Espe.

³⁾ An. d. Phys. (225) CXLIX, 431.

⁴⁾ Arch. des sciences. VIII, 1879.

⁵⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XVIII, 482.

Letzteres fand zu damaliger Zeit an vielen Orten von Nordwest- und Mitteldeutschland statt; stellenweise kam es zu wirklichen Gewittern; in Wilhelmshaven zu magnetischen Störungen.

In Tirol, versichert Herr v. Hohenbühel-Heufler,¹⁾ seien die Elmsfeuer so selten, dass man ihnen keinen eigenen Namen gab, wohl aber mit Sagen in Verbindung brachte. Graf v. Brandis²⁾ erzählt nämlich, bei Castelfeder seien etliche Gerippe „lieblichen Geruches“ aus einem Gewölbe in ungeweihte Erde versetzt worden; da wären denn über der Capelle drei helle Flämmchen erschienen und später auf den Traminer Kirchthurm geflogen, was seitdem jedesmal bei drohendem Ungewitter geschehe. An der meteorologischen Station des Obirgipfels sah Herr Pissonitz am 22. October 1884³⁾ nach 48stündigem Sturme und bei fernem Gewitter die hölzerne wie eiserne Windfahne, Telephonstangen nebst Leitungsdraht von Sternen oder weissblauem Lichte glänzen. An Bord des österr.-ungar. Lloyd dampfers Melpomene ist am 16. Januar 1884 in der Höhe von Montevideo ein Elmsfeuer beobachtet und vom k. k. Hauptmann Herrn H. Himmel beschrieben worden.⁴⁾ Das 320' (engl.) lange, 39' breite, 31' hohe Schiff hesteht grösstentheils aus Eisen. Holz ist möglichst vermieden. Selbst beide Maste, 101' und 93' hoch, sind unten bis 56' und 54' Höhe aus Eisenröhren hergestellt, während die Spitzen mit Metall beschlagen sind. Der Hauptmast trägt einen Blitzfänger; der hölzerne Flaggenstock des Hinterdecks einen pilzförmigen Messingknopf 18' über Deck. Um 4^h p. m. des obigen Tages begann bei 29.6'' engl. Barometer-

¹⁾ Bote für Tirol etc. 184.

²⁾ Immergrünes Ehrenkränzchen etc. Botzen 1678. I, 89.

³⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1884. XIX, 498.

⁴⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 272—274.

stand von W.—S. des Horizontes aus die Bewölkung, um 8^h brach das Unwetter mit warmem W. aus. Blitze und zwischendurch Wetterleuchten wurden so heftig, „dass das Schiff wie in einer Lichthülle schwebte“. Viele Blitze, welche rings ins Meer, nie aber ins Schiff schlugen, waren von wellenförmigem Verlauf. Dabei goss es in Strömen fast zwei Stunden lang. Von 9^h 30 Min. p. m. an kamen nur noch wenige Blitze; zehn Minuten darnach aber leuchtete die Vormastspitze auf; dann flimmerten unruhig die Spitzen des Hauptmastes, Gaffelendes und Flaggenstockes. Aufsitzende Flammen kamen nirgends zu Stande. Das Licht hatte vielmehr phosphorescirenden Charakter, beschränkte sich auf die Metallbeschläge jener Schiffstücke, und verschwand unter vielfachen Undulationen des bläulich milden Schimmers nach ungefähr $\frac{5}{4}$ Stunden, weder durch zeitweise Regenschauer noch Aufheiterung beeinflusst. Die stark bewegte See phosphorescirte während des Sturmes auffällig und fuhr hierin nach demselben bis zum nächsten Morgen fort. Es wird vermuthet, dass der vorwaltend metallene, also gutleitende Schiffskörper die Elektrizität des Meeres gesammelt und emporgeführt habe. „In den metallischen Spitzen verdichtete sich die Elektrizität bis zu dem die Lichterscheinung hervorruhenden Grade.“ Das Leuchtphänomen erlosch allmählich von oben nach unten innerhalb 14 Minuten. Gleichfalls von den gewöhnlichen Spitzenflammen zum Theile wenigstens abweichend ist der durch William Traill von den Orkneiinseln berichtete Fall.¹⁾ Am 23. Februar 1837 wurde ein etliche Tage zuvor ins Meer versunkenes Boot ans Ufer gezogen und hier an einer „30 Faden“ langen, das Wasser nicht berührenden Eisenkette be-

¹⁾ An. d. Phys. (122) 1837. XLVI, 659. — Edinburgh new phil. J. XXIII, 220.

festigt. An dieser sah man plötzlich eine blutrothe Flamme, welche indess nur daselbst begann und 100 Faden lang, 30 Faden breit längs der Küste sich hinzog. Nach 10 Secunden erlosch sie, kam aber binnen 2 Minuten viermal wieder. Darnach, vielleicht auch gleichzeitig war der Mast umleuchtet und auf der eisernen Spitze von einer Flamme gekrönt, welche 1' lang gegen NNW. einer aufsteigenden Gewitterwolke sich entgegenstreckte. Ihrem Laufe folgte sie und ward, als jene über ihr schwebte, 3' lang, darnach einschrumpfend, um in etwa 4 Minuten zu verschwinden.

71. Viele andere ungewöhnliche Lichterscheinungen in der Atmosphäre oder an, in diese hineinragenden, festen Körpern wurden auf Elektricität bezogen, einestheils vielleicht nicht ganz mit Unrecht; andererseits aber gewiss nur deshalb, weil alles, was nicht auf herkömmlichem Wege erklärlich schien, gern durch Berufung auf jene, wie es scheint allverbreitete, Kraft erledigt ward. Die Irrlichter erwähne ich blos, weil kein Geringerer als Volta¹⁾ die Elektricität als Ursache der Entzündung des Phosphorwasserstoffgases für möglich hielt. Auch Gehler leitete wenigstens einige derselben von der Elektricität her und vergleicht sie mit v. Therba's²⁾ polarlichtartiger Helligkeit. Muncke³⁾ hält dies für unzulässig, giebt indess zu, dass die elektrischen Spitzenflämmchen oft mit Irrlichtern verwechselt werden. Auch Reimarus⁴⁾ bestreitet der letzteren elektrische Natur und erklärt sie, schon des schwachen Lichtes wegen, für phosphorescirende pflanzliche oder thierische Massen, welche Chladni⁵⁾ bei Dresden als Gallerte auf-

1) Lettere sull'aria infiammabile nativa delle paludi. Como 1776.

2) Deutscher Mercur 1783.

3) Gehler's Physikal. Wörterb. 1830. V, b. 794.

4) Vom Blitze. Hamburg 1788. §§ 100, 168.

5) Ursprung etc. Leipzig 1794. S. 334.

gefunden haben will. Die Sache ist demungeachtet bis zur Stunde noch recht geheimnissvoll und ermangelt einer vollkommen befriedigenden Erklärung so sehr, dass einerseits abergläubischer und mystischer Auffassung viele Gelegenheit geboten war, andererseits an der Thatsächlichkeit der Erscheinung gezweifelt wurde. Auf Ersteres braucht in Kreisen, welche ruhiger Denkweise und verständiger Belehrung zugänglich sind, nicht weiter eingegangen zu werden. Dem Letzteren gegenüber aber genügt die Berufung auf einige authentische Zeugnisse. Aus Königsberg schreibt an Herrn Poggendorff am 25. Mai 1838 der hochberühmte Astronom Bessel,¹⁾ dass er in den grossen Mooren bei Bremen, höchstens zwei Meilen von der Sternwarte Lilienthal entfernt, längs des Flüsschens Wörpe auf einem Kahne fahrend, am 2. December 1807 gegen 100 Irrlichter eine Viertelstunde lang gesehen habe. Die Nacht war windstill, trüb, schwach regnerisch. Die Flämmchen waren bläulich, von unbedeutender Lichtstärke, theils ruhigstehend, theils meist in Gruppen horizontal bewegt. Der Untergrund war uneben, stellenweise mit Wasser bedeckt. Das höher gelegene trockenere Moor erreichten die Irrlichter nicht. Die Schiffer waren durch dieselben keineswegs überrascht, weil man sie gewöhnlich sehe. Bessel vergleicht die Erscheinung „der Farbe des verbrennenden, aus Eisen und verdünnter Schwefelsäure gewonnenen unreinen Wasserstoffgases“. Herr Dr. Galle, jetzt Director der Breslauer Sternwarte, berichtet²⁾ von einem Herrn Stud. Vogel, der zweimal Irrlichter sah; einmal an einem dunklen, regnichten, mondlosen Abend des September 1849 zwischen Kamenz und Königsbrück; dann im November bei Leipzig vor dem Tauchaer Thore auf

¹⁾ An. d. Phys. (120) 1838. XLIV, 366—368.

²⁾ An. d. Phys. (158) 1851. LXXXII, 593—595.

einer kleinen feuchten Wiese zwischen einer Bretterwand mit Schlammgraben und dem Eisenbahndamm. Die Flämmchen, schwach entwickeltem Phosphordampfe ähnlich, doch ohne Geruch wie Rauch, standen etwa 3'' überm Boden, waren circa 1'' hoch, währten nur wenige Secunden, doch bald neu erscheinend, hüpfen nicht fort und glichen brennenden Gasen in keiner Weise. Der benachbarte Bahnwärter wunderte sich über die vielen Johanneswürmchen zu so später Jahreszeit. Endlich erzählt Herr E. Knorr, Professor der Physik in Kiew,¹⁾ er habe dreimal Irrlichter gesehen; am genauesten und nächsten, nur 6—8'' von der zugreifenden Hand entfernt, in den letzten Augusttagen 1825 als Berliner Student der Naturwissenschaft. An der Strasse zwischen Herzberg und Posen war der Sumpfboden mit hohem Grase bewachsen, dann mit Schilfstauden, hinter denen ein Erlenbusch stand. Vor diesem wie in einer grünen, sanft durchleuchteten Nische schimmerte das Flämmchen. Dasselbe war bei liegendem Leibe und ausgestrecktem Arme gerade noch mit der Messingzwingel des Stockes zu erreichen, welche bei viertelstündigem Hineinhalten nicht warm wurde. Das Flämmchen leuchtete dabei ruhig fort, auch dann, als möglichst nahe, freilich nicht gerade unter ihm der Morast aufgerührt wurde, wobei kein Geruch bemerkbar ward. Starkes Wehen mit einem Tuche brachte das Licht nur wenig ins Schwanken. Die Länge desselben war, abgesehen vom untersten Stücke, das nicht gut übersehen werden konnte, 5'', die Breite $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ '', die Form cylindrisch. Auch die früheren Beobachtungen von Irrlichtern von ihm selbst, wie durch seinen Vater, zeigten diese nie hüpfend.

72. Meteore, welche zuweilen auf elektrischen Ursprung zurückgeführt werden, gehören, sofern sie

¹⁾ An. d. Phys. (165) 1853. LXXXIX, 620—625.

überhaupt daraufhin anzusprechen sind, wohl mehr zur seltenen Form der Kugelblitze, welche im nächsten Abschnitt behandelt werden.

Nur flüchtig will ich noch zweier Phänomene gedenken. Die elektrischen Spitzenausströmungen können natürlich auch an den Kopfhaaren des Menschen stattfinden; wenn dieselben leuchtend vielleicht nie oder doch seltener als an Thieren beobachtet werden, so liegt dies nur daran, dass Bedeckung, Bekleidung oder Cultur die betreffenden Theile weniger unmittelbar der natürlichen Einwirkung aussetzt. Dagegen kann eine andere Aureola um den menschlichen Kopf Gegenstand eines Missverständnisses werden, weil der Schatten einer Gestalt so treu zu ihr zu gehören pflegt, dass, was an jenem vorkommt, leicht auf diese übertragen wird. Wer bei hellem Scheine der etwas niedrig stehenden Sonne auf rauher Bodenfläche seinen Schatten betrachtet, sieht den Kopf von schwachem Lichtschimmer umgeben, welcher auf kurz geschorenem bethauten Grase sehr hell werden kann. Major v. Winterfeld erklärt eine solche am 11. Mai 1783 vorgekommene Beobachtung ziemlich gut.¹⁾ Er wird zwar durch Brandes²⁾ einigermaßen rectificirt, doch von Herrn Lommel³⁾ in der Hauptsache rehabilitirt. Letzterer Forscher erklärt den hellen Schein „aus dem Lichte, welches durch die Tropfen gebrochen, von deren Unterlage aufgefangen wird und nun durch die Tropfen hindurch wieder gegen die Lichtquelle zurückkehrt“. Nachahmbar ist die viermalige Brechung und einmalige diffuse Reflexion der Strahlen durch auf einer Glasplatte eingetrocknete Canada-balsamtropfen, einen dicht dahinter gestellten Papierschirm, und die Projection des Kopfschattens. Jeder Thau-

¹⁾ An. d. Phys. 1804. XVIII, 57—73.

²⁾ An. d. Phys. 1805. XIX, 363—367.

³⁾ Jubelband 1874. S. 10—21.

tropfen erzeugt Bilder der Sonne und der Pupille, welche nahe dem Schattenumriss fast vollständig zusammenfallen und deshalb in weit hellerem Glanze strahlen als die weiter abstehenden, und auch vom Auge entfernteren Tropfen. Bei niederem Stande der Sonne fällt der Kopfschatten unter einen kleinen Schwinkel, so dass die dem Schatten unmittelbar anliegenden Tropfen zu grösster Wirksamkeit gelangen.

Dass ohne elektrische Lichtentbindung, ohne Verbrennung, ohne Phosphorescenz durch Fäulniss oder Verwesung leuchtende Erscheinungen auftreten, zeigt nicht blos der Glanz und die oft höchst kräftige Ausstrahlung lebender Insecten und niederer Seethiere, sondern auch das seltsame Leuchten unverdorbenen gehackten Fleisches, welches Herr W. Hankel¹⁾ berichtet. Von vielen daran ausgeführten Versuchen, die keinerlei Ursache ausfindig machten, ist bemerkenswerth die, indess erfolglose, Ozonisirung der Masse auf elektro-inductorischem Wege.

6. Blitz und Donner.

73. Obwohl naturgemäss bei der Betrachtung der Wolkenelectricität ihrer Entladung im Blitze oft gedacht werden musste, ja derselbe, die Theilnahme gewaltsam beanspruchend, wohl erster und hauptsächlichster Anlass zur Untersuchung der elektrischen Eigenschaften der Wolken wie der Atmosphäre überhaupt gewesen sein mag, liegt doch bei jedem neuen Falle eines an sich gewaltigen, mehr noch wegen der gelegentlich ungeheuren Tragweite höchst beachtenswerthen Phänomens die Aufforderung vor, durch einen erschöpfenden Erklärungsversuch alle, bis dahin immer

¹⁾ An. d. Phys. (191) 1862. CXV, 62—70.

noch vielfach räthselhaften Einzelheiten des Gesamt-
vorganges zu umfassen. Am frühesten scheint Herr
Klein¹⁾ die hohe elektrische Spannung, welche zum Auf-
tritt des Blitzes vorausgesetzt werden muss, in rapider
Concentration schon früher gebildeter, also im ent-
scheidenden Moment frei verfügbarer Elektrizität gegeben
betrachtet zu haben. Die vorhandenen, einzeln höchst
schwachen Ladungen mögen zur erforderlichen Intensität
verdichtet werden durch bedeutende Oberflächenverkleine-
rung beim Zusammenrinnen kleiner Wasserkügelchen zu
grossen Tropfen. Später²⁾ sprang Herrn Meydenbauer
die Thatsache in die Augen, dass der Blitz keineswegs
immer hervorragende gute Leiter mit Vorliebe trifft, was
nur denkbar, wenn die den Blitz bedingende elektrische
Spannung auf verhältnissmässig kleinem Raume, wie
einer Wolkenoberfläche, localisirt sei. Dies wäre aber
blos möglich, wenn die Spannung und ihr sofortiges
Ergebniss: der Blitz, erst entstünde im Herabstürzen der
Niederschläge oder doch bei der kurz vorhergehenden
Tropfenbildung aus Dunstkügelchen. — Neuerdings fasst
der bekannte Würzburger Physiolog Herr Adolf Fick³⁾
die Frage aufs neue ins Gesicht. Er betont mit Recht
als schwierigstes Moment dem Blitze gegenüber die
momentane Entstehung solch kolossaler elektrischer
Spannungen, wie sie zur Erzeugung kilometerlanger
Funken nöthig sind. Allmählich können sie nicht er-
wachsen, weil in der nicht schlecht leitenden feuchten
Wolkenmasse Ausgleichungen Hand in Hand mit der
Bildung gehen würden. Auch eine plötzliche Scheidung
ungeheurer Quantitäten neutraler Elektrizität ohne irgend-

¹⁾ 1869 (Gaea. XIX, 592).

²⁾ 1881 (Gaea. XVII, 594).

³⁾ Sitzungsber. der physikal.-medic. Ges. in Würzburg 1883.
Natf. XVI.

welche tiefere Ursache anzunehmen, erscheint physikalisch bedenklich, weil die hier möglicherweise wirksamen Kräfte, vielleicht Frictionen verschieden warmer und feuchter Luftströme, nur räumlich beschränkt in und an der Wolke sich geltend machen könnten, demnach die befreiten Elektricitäten an zahllosen Punkten gleichzeitig durcheinander gewürfelt, also unfähig zu gemeinsamer Leistung aufzutreten. Wird eine elektrisch geladene Fläche rasch zusammengerollt, so ist die an die Oberfläche gebundene Elektricität gezwungen, auf einem kleineren Raume sich anzuhäufen, womit ihre Dichte und Entladungsfähigkeit erheblich steigt. Aehnlich könnte es bei der Gewitterwolke sein, deren kleine Wasserbläschen oder Kügelchen zu Tropfen zusammenrinnen; der Halbmesser dieser mag 1 mm sein, während derjenige jener 0.001 mm nicht zu überschreiten braucht. Treten tausend Millionen solcher Tröpfchen zu Einem zusammen, so würde die Oberfläche 1000mal kleiner, die Spannung also 1000mal grösser. In runden Zahlen wäre nämlich der Kubikinhalt jedes kleinen Tröpfchens $0.000.000.004\text{ mm}^3$, aller tausend Millionen also circa 4 mm^3 gleich dem Inhalt des grossen Tropfens; dessen Oberfläche, circa 12 mm^2 , diejenige des Moleküls 0.000012 mm^2 , demnach für eine Milliarde 12.000 mm^2 . Bei hohlen Nebelbläschen stellt sich die Steigerung der befreiten Spannung noch günstiger. Die Ursache der geforderten Tropfenbildung fällt mit den gewöhnlichen Anlässen zur Entstehung des Regens zusammen, wie vornehmlich Mischung verschieden temperirter Luftströme oder Einsturz kalter Winde. In der That beobachtet man oft nach Blitzen verstärkten Regenguss, so dass sogar schon beide in zweierlei Richtung als ursächlich verbunden wurden. Dass nicht jegliches Zusammenrinnen von Wassermolekülen in Regentropfen Blitze zur Folge hat, erscheint begreiflich, weil ja nicht immer die vorausgesetzte elek-

trische Ladung der Dunstpartikel in genügendem Masse vorhanden sein wird, um durch Condensation eine höhere Spannung entfalten zu müssen, selbst eine solche aber allmählich sich ausgleichen könnte. Blitze ohne Regen werden durch die Annahme erklärt, dass die auch dann entstandenen Wassertropfen in unterer, warmer, trockener Luft wieder verdampfen.

74. Von der Erscheinung des Blitzes ist bekannt, dass trotz grosser Vielfachheit des Bildes und mancherlei Uebergänge zwischen den Hauptformen die letzteren von dreifacher Art sind: Zickzack- oder allgemeiner Linienblitz, Flächenblitz, Kugelblitz. Wir kommen bei mehreren Gelegenheiten auf eine wie die andere dieser Feuergestalten zurück. Von ganz exquisiten Phänomenen werden einige bestätigte Vorkommnisse beschrieben. Herr J. P. Joule in Manchester¹⁾ sah 9 Uhr Abends des 16. Juli 1850, nachdem auf einen schwülen Morgen um 4^h p. m. ein Gewitter gefolgt war, prachtvolle elektrische Entladungen, fast eine Stunde lang mit geringen Unterbrechungen und höchst wenig Regen andauernd. Jeder Blitz kam von einer südwestlichen Wolkenmasse, durchlief gegen den Beobachter hin 6—10 englische Meilen und theilte sich in sechs zickzackförmige Lichtstreifen, von denen einzelne wieder in kleinere Funken auseinanderfuhren. Die Verbreitungsstrecke mag $3\frac{1}{2}$ englische Meilen über dem Boden gelegen haben, auf welchem keine der Entladungen sichtbar herabragte. Die Verästelung wird von grosser Ausdehnung der elektronegativen Ladung der Wolkenoberfläche hergeleitet. Bemerkenswerth erschien die lange optische Ausdauer. Die Hauptfunkenbahn war vollkommen fertig gebildet, bevor man die divergirenden Funken ausfahren sah und blieb mit diesen einige Zeit erkenntlich. Zwei

¹⁾ Philos. Magz. XXXVII, 127.

Brüder des Berichterstatters beobachteten mit ihm die Erscheinung; einer derselben sah später als das Nachmittaggewitter, aber kurz vor dem abendlichen, 30° überm Horizont unter den Wolken ein helles rothes Licht, das die Wolken überstrahlte und von Joule als dem elektrischen Zustande der Luft entstammend betrachtet wird. -- Ueber verzweigte Blitze¹⁾ berichtet aus Bengalen (Rajshahye College, Rampore Bauleah) am 10. Juni 1885 Herr P. Brühl. Bei jedem Abendgewitter überzeuge man sich dort, „dass die Entladung sehr häufig zwar von einem Punkte ausgeht, aber in vielen Punkten endet“. Die Mehrzahl der zwischen Wolken übergehenden Blitze verzweigt sich, oft vierfach in nahe gleicher Stärke, unter sich bedeutende Winkel einschliessend. Die Zickzackform erscheint selten; viel häufiger die Wellenlinie, so dass man eher von Schlangenblitzen und bei Verästelung von umgekehrten Flusssystemen reden könnte. Ein zweiter Blitz occupirt oft die Bahn eines vorangehenden so rasch, dass die Unterscheidung beider nur Geübten möglich ist. De la Rive's Aeusserung, dass die Linienblitze im Allgemeinen zur Erde herabgehen, wenn sie auch zwischen Wolken überzuschlagen scheinen, die Flächenblitze aber im Verhältniss zu jenen so häufig seien, dass in einem Gewitter „Millionen“ (!?) gegen einen scharfen Blitz (*resserré et sinueux*) kämen, trifft für Bengalen nicht zu; selbst kaum die mässige Angabe Herrn Kundt's für Deutschland (Linien- : Flächenblitzen = 6 : 11), sondern die Schlangenblitze überwiegen dort bedeutend. Allerdings sind viele blos eine kurze Strecke zwischen Wolken sichtbar; aber schon am Aufleuchten und Donner erkennt man sie; besser noch an den Spectren (wovon später gehandelt wird) und photographisch.

¹⁾ An. d. Phys. (262) 1885. XXVI, 334.

75. Letztere Aufnahmen werden von Herrn Brühl bis Juni 1886 in Aussicht gestellt, mit Bezugnahme auf Herrn Kayser's Arbeit. Dieser Forscher berichtet, dass die ersten Blitzphotographien 1883 von Herrn Hänsel geliefert worden seien.¹⁾ Bei Nachtgewittern wird die auf Unendlich eingestellte Camera der Himmelsgegend zugewendet, wo voraussichtlich die meisten Blitze zu erwarten sind. Mehrere im Juli 1884 zu Berlin erhaltene Platten zeigen, dass an Stelle einfacher Entladungen zwischen zwei Punkten die Blitze oft zwar in einem solchen entspringen, aber zu mehreren auseinanderfahren. Der Blitz sieht aus, wie wenn viele Bäche, dann Bei- und Nebenflüsse zum Hauptstrome zusammentreten — natürlich in verkehrter Folge. Zuweilen erkennt man einen starken Strahl, welcher zwei Punkte verknüpft und seitwärts schwächere Aeste abgiebt. Sehr schwache Blitzfäden sind meist ganz unverzweigt. Am 16. Juli gegen 10 Uhr Abends hatte man ungefähr fünf Minuten lang die Platte exponirt, als ein sehr starker Blitz mit binnen einer Secunde folgendem gewaltigen kurzen Donner auftrat. Jener projecirte sich in mehreren dicht nebeneinander laufenden hellen Linien auf der photographischen Platte. Der erste Lichtstreif, links vom Beobachter gezählt, ist scharf begrenzt, auf dem Bilde circa $\frac{3}{4}mm$ breit. Durch einen $\frac{1}{2}mm$ breiten, doch etwas unbestimmt schwarzen Streifen wird er getrennt von einem $2\frac{1}{4}mm$ breiten Feuerband, nur links einigermaßen linear begrenzt, rechts ausgezackt. Die Zacken erscheinen, wenn man das Bild unter der Loupe betrachtet, als Ausläufer horizontaler schmaler Lichtlinien, die durch noch weit feinere Streifen in der Weise getrennt sind, wie in

¹⁾ An. d. Phys. (261) 1885. XXV, 131—136. Mit Bild in Fig. 9, Taf. I. — Sitzungsber. der k. preuss. Akad. d. Wissensch. Berlin, 27. Nov. 1884.

Geisler'schen Röhren das Licht der unterm elektrischen Strome glühenden Gase geschichtet gleich einem gewässerten Seidenbande gesehen wird. Die Lichtschichten werden einer leuchtenden Materie verglichen, welche vom Winde aus der Blitzbahn weggefeht wird. Vielleicht ist es glühender Wasserdampf, den der Blitz aus den Regentropfen bildet. Allerdings ist die regelmässige Stellung der Tropfen zur Schichtenanordnung nicht sehr wahrscheinlich und hätte wohl eher ein ununterbrochen leuchtendes Band erwartet werden dürfen. Ferner wäre hierzu eine ungemein hohe Temperatur erforderlich. Die Schichten sind durchschnittlich $1.7m$ (?) lang, $0.35m$ breit und dick, demnach vom Inhalt $0.2m^3$; nimmt man 15 Tropfen auf 1 g, so wäre für jeden zur Verdampfung und Dissociation $400.000^{\circ}C$. nöthig, was unter den günstigsten Reductionen auf $\frac{1}{4}$ herabgebracht werden könnte. Die Frage des Schichtenbandes im Blitze, an späteren nicht mehr erscheinend, bleibt also vorerst offen. Darnach folgt gegen rechts ein fast $1\frac{1}{2}mm$ breiter, ganz dunkler Streifen; ihm weiterhin zur Seite ein $1\frac{1}{4}mm$ breiter Doppelstrich des Lichtes, ungefähr in der Mitte, allen Krümmungen folgend, von einer äusserst feinen schwarzen Linie durchsetzt. Endlich schliesst nach einem schwarzen Bande von wechselnder Breite ein scharfer, heller Lichtstrahl die Erscheinung ab. Seitwärts gehen auf der photographischen Platte etwa sechzig Aeste ab, welche sich theilweise weiter verzweigen und oft so zart sind, dass sie im Abdruck verschwinden. Die Parallelstrahlen des Hauptstammes scheinen in einen cylindrischen Lichtmantel gehüllt gewesen zu sein, von der Umgebung durch grössere Helligkeit deutlich abstechend und besonders an den Rändern stark leuchtend. Die Breite dieser Aureola wird auf $28m$ veranschlagt; die ganze Länge des Blitzes zu $300m$. Der Annahme, dass die einzelnen Lichtlinien gesonderte Entladungen seien

und nur im scheinbaren Bilde zusammenfielen, ist nicht gut mit dem genauen Parallelismus aller zu vereinbaren; sie müssten im nämlichen Canale erhitzter Luft und wenn nicht absolut gleichzeitig, doch sehr schnell aufeinanderfolgend stattgefunden haben. Im ersteren Falle aber sollten sie sich gegenseitig abstossen und ähnlich wie an der Elektrisirmaschine divergente Büschel bilden; im zweiten wäre ein dem Leitungsvermögen der Wolken gegenüber wenig wahrscheinlicher, äusserst beschleunigter Elektrizitätszufluss vorauszusetzen, um das Potential so rasch hintereinander zur nöthigen Höhe zu steigern. Vielleicht am richtigsten spricht man von oscillirenden Entladungen kurz hintereinander in entgegengesetzter Richtung, so dass die hin und her fahrenden Blitze denselben blos vom Winde etwas verschobenen Canal erhitzter Luft durchlaufen. „Den Blitz auf seinem Wege einigemal hin- und herfahren,“ sah Herr Kayser mehrfach bei stärkeren Gewittern und Herr Dove scheint aus einer solchen Beobachtung intermittirende Entladungen erschlossen zu haben. Das eigenthümliche photographische Bild würde die oscillirenden Blitze nebeneinander registriren, wenn der Wind, wie damals W.—E., senkrecht zur Achse des Apparates wehte. Die Entfernung des Blitzes vom letzteren wird zu 200—350 *m* geschätzt; die Objectivbrennweite ist 0.18 *m*; eine Länge von 1 *mm* auf der Platte entspricht also 2.817 *m* in Wirklichkeit. Danach sind die Abstände der vier Entladungen 3.08, 0.35, 0.63 *m*. Die Windgeschwindigkeit war 8.5 *m* in 1 Sec. und hätte jene Verschiebungen hervorgebracht in 0.362, 0.041, 0.074 Sec., so dass die Gesamtentladung 0.477 oder rund eine halbe Secunde gedauert hätte. Anknüpfend an Kayser's Blitzphotographien,¹⁾ insbesondere an

¹⁾ Sitzungsber. der k. preuss. Akad. d. Wissensch. XLVIII 27. Nov. 1884, S. 1119—1123.

den Lichtdruck des Blitzes vom 16. Juli 1884 berichtet Herr E. Leyst¹⁾ eine Beobachtung zu Pawlosk, 6^h 52 Min. p. m. 21. Mai 1885. Drei Blitze waren stark verästelt und secundär verzweigt. Einer verlief zuerst einfach, zerfiel dann in zwei Linien unter einem Winkel von 75°, deren beide unter 105° sich brachen, um zuletzt wieder in einen Strahl zusammenzutreten. Beim schnellen Verlaufe der Lichterscheinung sah man einen Moment ein geschlossenes Rhomboid, und zwar dreimal hintereinander, was die oscillirende Fortpflanzung des Blitzes bewies, wiederholt im einmal erhitzten Luftcanal geschehend. Möglich ist, dass der Blitz in mehreren Entladungen nach vielen Seiten geht, vielleicht bei besonders günstiger Leitung aber in parallelen Bahnen. Abnahme der Strahlen an Helligkeit oder Breite, wie an Kayser's Nachbildung, wurde nicht bemerkt. Der scheinbare Weg betrug 140°, die Normale zu seiner Bahn 2.7 km, demnach die Bahnlänge $2 \times 2.7 \times \operatorname{tg} 70 = 15 \text{ km}$. In einem anderen Falle wurde viermal hintereinander ein geschlängeltes Lichtband an derselben Stelle gesehen, im Ganzen scheinbar ohne Verlauf, weil wahrscheinlich die überblickte Bahn zu kurz war. Das erste Intervall war das kleinste. Der nachfolgende Donner überdauerte 80 Secunden. In drei Fällen fand man, „dass der Blitz auf der Bahn der ersten Entladung zurücklief, doch nicht auf der ganzen Strecke, sondern nur auf einem Theile der Bahn sichtbar“. Wiederholte Entladungen oder Reflexerscheinungen können hier zu Verwechslungen Anlass geben.

76. Die erwähnte Beobachtung Dové's²⁾ geschah bei einem über Berlin 9^h 45 Min. am 5. Juli 1835 ge-

¹⁾ Bull. d. l'Acad. St. Pétersbourg 1885, XXX. — Repertor. d. Phys. v. Exner 1886. XXII, 108—112.

²⁾ An. d. Phys. (111) 1835. XXXV, 379—380.

zogenen Gewitter. Ein mit zwei Flügeln bedeckter Farbkreis, welcher bei Kerzenlicht eine schöne Mischungsfarbe gab, zeigte im dunklen Zimmer, von Blitzen erleuchtet, das Flügelkreuz in bestimmten Umrissen sehr schnell auf dem dunklen Grunde des Kreises hin und her schwanken. Es besteht der Blitz aus einer langen Reihe einzelner Funken, welche, nacheinander entzündet, „wenigstens die Hälfte der Länge des Blitzes als den von der elektrischen Entladung während der Dauer des Leuchtens des Blitzes durchlaufenen Weg“ bezeichnen. Diese Zeit war jedenfalls kleiner als ein Viertel der Umdrehungsdauer des Kreises. — Zur oben berührten Frage alternirender Entladungen giebt einen Beitrag der Bericht des Herrn Tippinge in Shrewsbury.¹⁾ Am 6. August 1885, Abends $9\frac{1}{2}$ — $10\frac{1}{2}^h$, sah er mit seiner Tochter die stärkste, ihm bis dahin bekannt gewordene Entladung. Das Gewitter zog von E. über S. nach SW., in einem Abstand von 3—6 miles, nach der Schalldauer 14—31 Secunden. Ein heller Schimmer kroch längs der Begrenzung des landschaftlichen Bildes, auch an den Bäumen, als ununterbrochen glänzende Linie fort. Am wichtigsten aber schien, dass beide Beobachter zweimal deutliche Blitze vom Boden zur Wolke steigen sahen. Herr Symons erklärt aufwärts fahrende Blitze für sehr selten und meist ungewöhnlich stark, wie denn durch einen solchen, wahrscheinlich besonders nahen, Herr Tippinge so geblendet wurde, dass er den ganzen Abend nicht mehr lesen konnte. Die Meinung, dass jeder Blitz doppelt sei, widerspreche nicht nur dem Gesichtseindruck, sondern auch den Photographien der Blitze. — Am 26. April 1862 sah 9^h p. m. in Düsseldorf Herr J. Schneider²⁾ einen scheinbar beinahe senkrecht herab-

¹⁾ Symons' Meteorol. Magz. Sept. 1885. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 420.

²⁾ An. d. Phys. (191) 1862. CXV, 659.

fahrenden Linienblitz, 25^0 am Himmel einnehmend, dessen Licht nicht in allen Theilen gleichförmig blieb, sondern variirte, indem auf dem Strahle helle und dunkle Stellen abwechselten, die in verschiedenen Zeiten erloschen, so dass noch nach einer Secunde einzelne getrennte Fünkchen vorhanden waren. Das Phänomen erinnerte an Munke's Blitzstrahl, der „in lauter kleine Kügelchen sich auflöste“. ¹⁾ Gehler ²⁾ sah innere wirbelnde Bewegung im Blitze.

77. Herr Schneider erzählt bei jener Gelegenheit auch, dass er vor jenem Gewitter, an der Stelle, wo das vorbereitende Wetterleuchten hätte auftreten können und sollen, einen schwachen dauernden Schimmer gesehen habe; nach dem Gewitter aber, während es in E. noch blitzte, eine halbe Stunde lang fortleuchtende weisse Wölkchen. Derselbe Forscher hatte schon früher solchen Erscheinungen grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Am 18. August 1859 ³⁾ beobachtete er bei Emmerich $30-35^0$ über dem S.-Horizonte am Himmel eine Lichtsäule, vier Vollmonde breit, von E. nach W. 20^0 in die Länge gezogen. Die parallelen Langseiten waren scharf begrenzt, der westliche Saum jedoch unregelmässig wolkenartig zerzaust. Das Licht war gelbröthlich und rückte langsam nordwestlich vor mit wogender, formändernder Bewegung. Bei zeitweisem Wetterleuchten in W. verstärkte sich die Helligkeit. Der östliche Himmel war von weissem Lichte bedeckt, etwas länger dauernd als die nach 6—7 Minuten verschwindende erste Lichtgarbe. — Im Juni 1842 ⁴⁾ sah er zu Herforst im Trierischen Nachts $1^h 56^0$ hoch am klaren Himmel ein leuchtendes Nebelhäufchen von doppelter Mondbreite mit fortdauernder

¹⁾ Sacra natal. Divi Caroli Friderici. 22. Nov. 1819, pag. 6.

²⁾ Physikal. Wörterbuch 1825. I, 1000.

³⁾ An. d. Phys. (186) 1860. CX, 335.

⁴⁾ An. d. Phys. (174) 1856. XCVII, 324—340.

Bewegung im Innern und Strahlenschiessen nach aussen. Anderthalb Stunden später erschienen in W. drei Blitze, ohne jedes Geräusch flammenartig auflodernd. Diese Phänomene deuteten „auf eine beträchtliche Störung des elektrischen Gleichgewichts in der Atmosphäre hin“. — Am 5. Juli 1845 wurde derselbe bei Nymwegen von einem starken Gewitter mit Hagel überrascht. Nach diesem erblickte er eine von SE. nach NW. ziehende Gewitterwolke, von welcher eine fächerförmige Figur über den Himmel hing, dessen anderwärts vorhandenen dunstigen Ueberzug verscheuchend oder durchleuchtend. Am meisten ähnelte die Erscheinung einer elektrischen Staubfigur; vielleicht auch dem Nordlichte, wenn man vermuthen darf, dass bei Dunkel die Strahlen oder Krallen geleuchtet hätten. Aus diesen und anderen Vorkommnissen schliesst Herr Schneider, dass neben elektromagnetischen es auch rein elektrische Ausströmungen der Erde giebt; in der Nacht mit Lichtentwicklung einhergehend, bei Tage erkenntlich in eigenthümlichen Gestaltungen der atmosphärischen Nebeldünste. — Hierher gehören Mittheilungen von Chile, „aus einem Brief des Dr. Moesta an Prof. Gerling in Marburg“. „Wenige Stunden nach Sonnenuntergang gewahrt man ein, dem Anschein nach, elektrisches Licht, welches von einem Punkte hinter der Cordillere strahlenförmig auszugehen scheint und so intensiv wird, dass es die ganze Cordillere, so weit sie sich dem Auge zeigt, erleuchtet.“ Das Maximum der Helligkeit tritt um 11^h Nachts ein; das Ende um 3^h Früh. Der Ausgangspunkt schwankt manchmal um 10 bis 20°; dies ist wahrscheinlich starkes Wetterleuchten. Einen Blitz besonderer Art beobachtete er dagegen fortlaufend am Rücken des 1840 m hohen Berges Campana de Quillota, und zwar während einer Stunde in Zwischenräumen von je 10 Minuten sich wiederholend. Nach glaubwürdigen Zeugen sei dies dort im December und

Januar ganz gewöhnlich. „Ich denke mir, dass nach Sonnenuntergang die die Canapa berührenden Luftschichten abgekühlt werden und dann ein Austausch der Erd- und Luftelektricität stattfindet.“

78. Das im letzteren Verlaufe mehrmal erwähnte Wetterleuchten wird in diesem Sinne noch jetzt von Vielen aufgefasst und wurde es früher selbst von wissenschaftlicher Seite. Schuebler¹⁾ leitete es davon her, dass an heissen Sommerabenden die kälteren Luftschichten abwärts sinken und in tieferer Lage, von Feuchtigkeit umgeben, ihre elektrische Ladung allmählich ausstrahlen, weil zu einer gewaltsamen Entspannung der elektrische Gegensatz benachbarter Wolken fehlt. Auch Herr Ideler²⁾ spricht von Entbindung der Elektricität, „welche von dem Uebergange des gasförmigen Dunstes in den tropfbar flüssigen Zustand herrührt“. Hierher stamme die ausserordentliche Helligkeit, welche Huth in Frankfurt a/O.³⁾ den ganzen Himmel überfluthen sah. Hierher wahrscheinlich jegliches Wetterleuchten, das keineswegs immer am Horizont erscheine, sondern durch A. v. Humboldt⁴⁾ auch im Zenith gesehen wurde; hierher wohl auch jene Art von Blitzen, welche ohne Funken die Wolken flächenhaft erleuchten, und von denen Brandes⁵⁾ glaubt, sie seien durch Nebelschleier verdeckt, während sie eher „durch neuen Niederschlag frei werdende Elektricität sein möchten“. Dagegen spricht Herr M. A. Lampadius zu Freiberg in seiner Atmosphärologie entschieden dafür, „dass das Wetterleuchten nichts Anderes als das

¹⁾ Unters. über atmosph. Elektricität. Schweigger J., VIII, IX. 1813. XI, 1814. XV, 1815. XIX, 1817. LV, 1829. LXIX, 1833.

²⁾ An. d. Phys. (93) 1829. XVII, 440.

³⁾ An. d. Phys. 1808. XXX, 238.

⁴⁾ Voyage aux. rég. éq. VII, 9.

⁵⁾ Beiträge zur Witterungskunde, S. 350.

Blitzen entfernter Gewitter ist", und stützt diese Ansicht durch Beobachtungen zu Teplitz am 30.—31. August 1823.¹⁾ Er bestreitet, dass je wirkliches Wetterleuchten auf hellem Himmel im Zenith erschienen sei. Einzelne Fälle, „wo sich aus stark elektrisirten Wolken elektrische Lichtmassen ohne Donner entwickeln", werfen die Regel um so weniger um, als sie wohl meist auf Täuschung beruhen; denn Blitze werden viel weiter und leichter gesehen, als Donner gehört; was Gilbert durch die Angabe bestätigt, „dass auch an ganz stillen Abenden der Donner eines 4 Meilen entfernten Gewitters in unseren Gegenden so gut als nicht mehr hörbar ist". In den Bergen um Teplitz herum zählte der Beobachter am 30. August gegen 20 kleine Gewitter, deren keines ins Thal selbst kam. Dagegen begann das Wetterleuchten gegen 9^h Abends, indem an einem Punkte des Horizontes beim Nickelberg es in jeder Minute ein- oder zweimal aufblitzte. Eine halbe Stunde später geschah dies an drei oder mehreren Stellen, deren Lage veränderlich erschien, im Allgemeinen langsam gen N. vorrückend. Bis 1^h Nachts waren im stündigen Durchschnitt fünf Blitze auf die Minute gekommen. Später wurden sie so zahlreich, dass kein Zählen mehr möglich war. „Es war ein fast ununterbrochenes Wetterleuchten. Die Helligkeit der Blitzesscheine kam nie bis zum Blenden; auch hörte ich trotz der unvergleichlichen Stille der sternhellen Nacht nie ein entferntes Donnern." Um 7^h Früh des 31. August vernahm man solches aus drei aufsteigenden Gewittern, „in welche also das Wetterleuchten allmählich überging"(?). Die Beobachter in Altenburg, Jena, Weimar, Halle, Leipzig werden aufgefordert, nach Gewittern in der Nacht vom 30.—31. August zu forschen. Aus letzterer Stadt wird hierzu aus Herrn Schmiedel's Meteo-

¹⁾ An. d. Phys. 1823. LXXIV, 432—437.

rologischem Journal von Herrn Gilbert berichtet: 30. August p. m. Gewitterwolken; Blitze; ebenso in der Nacht auf 31.; stürmisch mit Regen aus W. — Von vielen Fällen bestätigten Zusammentreffens von Wetterleuchten und fernen Gewittern bemerken wir:¹⁾ Saussure sah in der Nacht vom 10.—11. Juli 1783 auf der Grimsel gegen Genf hin lebhaftes Wetterleuchten ohne jeden Donner. Zur nämlichen Zeit wüthete am letzteren Ort ein furchtbares Gewitter. Howard zu Tottenham bei London sah am 31. Juli 1813 bei heiterem Himmel helles Wetterleuchten in SE. Zur selben Stunde hatte das 25 Meilen entfernte Calais und Dünkirchen starkes Gewitter. Herr A. Reslhuber in Kremsmünster²⁾ stellte einschlägige Erfahrungen zusammen und leitete daraus Beweise her, dass das Wetterleuchten stets der Widerschein ferner Blitze sei. Dies ist gegenwärtig wohl auch die herrschende Ansicht; die anderseitige verschwand indess keineswegs ganz vom Schauplatz. Absolut unmöglich ist ja in der That nicht, dass spontan elektrische Lichtentwickelungen milderer Art stattfinden; diese zählen jedoch schon mehr zu den Meteoren nicht immer klaren Ursprungs.

79. Mit den Kugelblitzen, der dritten in 74 aufgeführten Art verhält es sich fast so wie mit den bei 72 erwähnten Erscheinungen. Sie sind selten, bei uns wenigstens; schwer in ihrer Entstehungsweise begreiflich; und wohl häufig sogenannten Meteoren, besonders „Feuerkugeln“ gegenüber vice versa verwechselt worden. Die Schilderung Arago's³⁾ über jene elektrische Phänomene passt ganz hierzu. Geringe Geschwindigkeit in der Luft, plötzliches Verschwinden oft geräuschlos, doch

¹⁾ Müller, Kosm. Physik 1875. 4. Aufl., S. 766.

²⁾ Sitzungsber. d. Akad. d. Wissen. zu Wien. XXVIII, 1858.

³⁾ Annuaire du Bureau des Longitudes 1838. (Sur le tonnerre.)

auch detonirendes Zerplatzen, wirkungslos oder von ganz ungeheurer Zerstörungskraft scheinen sie allerdings zuweilen nachweisbar, andernfalls mindestens wahrscheinlich elektrischen Ursprungs, aber ihre Erzeugung bis dahin unbekannten Umständen zu verdanken, welche von den Bedingungen gewöhnlicher Blitzentladung namhaft abweichen. Vielleicht kommt hierbei weniger auf Spannung als enorme Menge verfügbarer Elektrizität an. Ein recht vollständiges Verzeichniss beobachteter Feuerkugeln giebt Herr v. Boguslawski.¹⁾ Plinius nennt sie identisch den Blitzen. Es fielen solche in den Jahren 89, 86, 74 a. Chr. und werden unter den Wunderzeichen bei Cäsar's Ermordung aufgeführt. Nach Christus sind verzeichnet: 72, 412, 457, 584, 585, 587, 590, 599, 600, 745, 752, 793, 794, 795, 855, 868, 871, 925, 944, 970, 991, 1000, 1002, 1011, 1013, 1029, 1034, 1039, 1093, 1095, 1096, 1118, 1143, 1168, 1169, 1177, 1203, 1382, 1465, 1478, 1499, 1511, 1532, 1537, 1538, 1547, 1550, 1554, 1580, 1603, 1624, 1629, 1636, 1640, 1646, 1666, 1682, 1689, 1719, 1721, 1733, 1750, 1761, 1771, 1783, 1784, 1803, 1812, 1814, 1815, 1817, 1820, 1821, 1822, 1823, 1825, 1826, 1828, 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846, 1847, 1848, 1849, 1850. Darunter sind gewiss viele nicht oder zweifelhaft elektrischer Abstammung. Da sich diese oft so gut wie gar nicht sicherstellen lässt, erwähne ich nur wenige besondere Vorkommnisse. Der berühmte Mikroskopiker Herr Ehrenberg²⁾ sah 1821 am Nil oberhalb Cairo und ein paar Tage später bei Benisuef, 1822 in Dongola blendend helle, nicht sprühende, geräuschlose vollmondgrosse Feuerkugeln, von denen die Araber sagten, dass sie

¹⁾ An. d. Phys. 1854. Erg.-Bd. IV, 1—155, 353—456.

²⁾ An. d. Phys. Jub.-Bd. (1874) 614.

öfter vorkämen. Am 28. September 1852¹⁾ wurde in Schlesien ein Meteor gesehen, über drei Breite- und anderthalb Längengrade hinbewegt, gross und hell, nirgends als in Hirschberg mit einer Explosion verbunden. Am 3. Februar 1856 verfolgte Herr Heis in Münster²⁾ eine prachtvolle Feuerkugel, welche gleichzeitig an vielen Orten Deutschlands, Frankreichs, Belgiens, Hollands, Englands erschien und mit Funken-sprühen unter Abtrennung kleiner Feuerflocken verschwand. Die Verbrennung scheint jenseits der Atmosphäre stattgehabt, das Meteor also kosmisch gewesen zu sein. Am 4. August 1858 schreibt Herr Sausse an Prof. Dove,³⁾ dass er zu Guben eine glänzend hellgelbe Feuerkugel, scheinbar 10 Minuten breit mit 2⁰ langem Schweife an heiterem Himmel von NW. nach NE. fliegen sah ohne Geräusch. In letzterer Hinsicht behauptet Herr Strahl in Berlin,⁴⁾ dass er mit elf Personen jenes Meteor explodiren sah, wobei ein ferner dumpfer Donner vernommen ward. Am 20. Juli 1860 Nachts 9^h 45 Min. wurde auf dem nördlichen Michigansee, über Godrich am Huronsee, Buffalo, Elmira, dem Hudson und quer durch Long-Island nach dem Atlantischen Ocean⁵⁾ (1000 englische Meilen lang, 800 breit) ein elliptisches Feuergebilde gesehen, das bei Elmira in zwei Stücke explodirte. Hugueny⁶⁾ beobachtete am 13. Juli 1869 ein regenloses Gewitter von SW. Ein Linienblitz traf einen Pappelbaum. Von diesem rollte horizontal eine

¹⁾ An. d. Phys. Erg.-Bd. III (1853) 630.

²⁾ An. d. Phys. (174) 1856. XCVIII, 333.

³⁾ An. d. Phys. (180) 1858. CIV, 655.

⁴⁾ An. d. Phys. (184) 1859. CVIII, 512.

⁵⁾ An. d. Phys. (189) 1861. CXIII, 280. — Haidinger, Wien. Akad. Bd. 43. (Silliman.)

⁶⁾ Mém. de la soc. d. sc. nat. Strassbourg, VI.

Feuerkugel 840 *m* weit zu einem Kastanienbaum, wo sie explodirte, theils am Stamme herab in die Erde dringend, theils drei Soldaten treffend, die unter dem Baume auf einer Bank gesessen hatten. Zwei wurden sofort getödtet, der dritte erlitt eine schwere Verletzung. Mehrere Zuschauer verglichen den Feuerball einer Kanonenkugel und schätzten die Zeit ihres Laufes zu $3\frac{1}{2}$ Secunden. Der Jahrgang 1878 der „Gaea“¹⁾ bringt mehrere Beobachtungen von Kugelblitzen in Dänemark. Zu Assens auf Fühnen wurde in der Nacht vom 31. August auf 1. September nach halbstündigem Gewitter 45° hoch überm Horizont eine mehrere Secunden stillstehende Sonnenscheibe mit ausgestrahlten Blitzen und schwachem Donner bemerkt. Am 2. September Früh 7 Uhr zogen zu Saxkjöbing auf Lolland viele Wolken vorbei, welche schwachen Regen brachten. Zwischendurch erschienen zwei kinderkopfgrosse Feuerkugeln, welche nach einer Angabe langsam fortschritten, dann rotirten, nach einer anderen aus der Wolke herausfielen. Ein scharf knatternder Donnerschlag begleitete einen Blitz mit so starker Lufterschütterung, dass Menschen in die Knie sanken, Fenster und Thüren aufsprangen. Zu Winedaholm in Schweden sahen zwei Männer²⁾ zwischen zwei Gewittern 5' über einer Seefläche eine flatternde, röthliche, scharf begrenzte, durchsichtige, 600' lange Lichtmasse, schwach einige Secunden hindurch bewegt; später 800' ausgedehnt, ohne Bewegung, erinnernd an Decharme's³⁾ phosphorescirende Blitze und wogende Lichtnebel von Angers. Herr P. Gallus Moser berichtet

¹⁾ XIV, 61 (Tromholt in Bergen). — Fortschr. d. Phys. 1884. XXXIV, c. 1156 (1159).

²⁾ Hildebrandson, Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1878. XIII, 124. Natf. XI, 302.

³⁾ Comptes rendus. 1868. LXVII, 400.

am 3. Juli 1883 aus St. Lambrecht ¹⁾ von einem Meteor, das von scheinbarer Kopfgrösse mit Zischen nach Einigen senkrecht, nach Anderen schräg SW.—W. niederfuhr und eine mehrere Secunden sichtbare breite röthliche, später sich krümmende Lichtbahn hinterliess. Dies trug sich am 3. Juni 9^h 40 Min. p. m. zu. Am 15. Juni 6^h 15 Min. p. m. vereinten sich über dem Stiftsgebäude zwei Gewitter, welche von NW. und SW. herzogen. Regen und Wind hörten plötzlich auf; mit furchtbarem Donnerschlag brach der Blitz, ohne zu zünden, ins Gebäude ein an acht so weit von einander entfernten Stellen, „dass ein ganzes Bündel Blitzstrahlen vorhanden sein musste“, welches Phänomen der Beobachter als Jüngling auch gesehen haben will. Es handelt sich ersichtlich um verzweigte Blitze oder um eine grosse zusammenhängende elektrische Feuermasse. Eine solche von Kugelform, Funken aussprühend, wollen mehrere Frauen gesehen haben, als nach einem Bericht des Herrn Fr. Hromádsko der Blitz in ein Haus zu Tábor am 13. Juli 1883 einschlug. Ueber mehrere Kugelmeteore und eigenthümliche Blitzformen am 19. und 29. April 1886 berichtet Herr Reimann aus Hirschberg. ²⁾ Herr Hildebrandson ³⁾ theilt das seltene Phänomen des Kugelblitzes aus Norrköping in Schweden mit, ferner aus dem eine halbe Stunde SSW. von Upsala gelegenen Dorfe Malma. Ein kleines, isolirt stehendes, ziemlich auffälliges Haus wurde am 9. Juli 1883 um 1^h 30 Min. p. m. von einem heftigen Schlag betroffen, indem ein starker Knall gehört und vor dem Küchenfenster „eine goldene Sonne“ gesehen wurde. Die Lichterscheinung kam durch eine Spalte von 3¹/₂ cm Breite an den Boden des Innenraumes herab und

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XVIII, 297—299.

²⁾ Mtlg. Zeitschr. 1886. III, 510—512.

³⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XVIII, 385—386.

vergrösserte sich hier zu „einem 4' langen goldenen Ei“, fast vom Umfang „eines Mannes, der auf allen Vieren kriecht“. Das „Goldei“ wurde vom Zugwinde zum Hause hinausgeweht, und zwar auf dem für die brillante Erscheinung höchst ungebührlichen Wege einer mit Moos verstopften Thürspalte. Beim Hinausschleudern des Füllmaterials hörte man einige Knalle gleich Schüssen, welche indess keinerlei Schaden stifteten. Das Phänomen war hiermit spurlos verschwunden und auch vorher bloß von einem Schneider erblickt worden, welcher am Fenster stehend den Kugelblitz jenem Hause zustreben sah, das Weitere aber, von Schrecken erfasst, nicht abwartete. Der Berichterstatter glaubt, es läge hier kein primäres elektrisches Phänomen vor; vielmehr ein allerdings von der Elektrizität erzeugter Dampfball von Knallgas oder dergleichen, welcher vielleicht nur in dem Falle als wirklicher Kugelblitz angesprochen werde, wenn mittelst Explosion entzündlicher Gase Feuer entstünde. In diesem Sinne möchte man fast in Erinnerung an eine alte Ansicht versucht werden, die Spenderin des Lichtes und der Wärme: Die Sonne als eine den Weltraum durchfahrende elektrische Riesenkugel zu betrachten, deren kosmische Ausströmungen, auf den solar beherrschten Planeten in mannigfachen Erscheinungen reflectirt, ein reelleres Band bilden dürften, als die imaginären Bahnen der Anziehung. Freilich blieb jene Herleitung des Sonnenlichtes aus rotatorisch entwickelter Elektrizität, abgesehen vom unzureichenden Versuche mit der gedrehten, dabei oberflächlich elektrisirten Glaskugel, so gut wie ohne thatsächlichen Beweis. Am Mittag des 5. Mai 1884 fuhr in der Blackfriarstreet bei London Bridge ein Feuerball¹⁾ vor einem Pferdebahnwagen herab ins Pflaster ein Loch

¹⁾ Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie 1884. XIX, 290.

schlagend mit einer Detonation, welche mehrere Menschen vor Schrecken betäubte.

Herr Planté, welcher in den letzten Jahren mittelst erstaunlich kräftiger Accumulatoren verschiedenerlei Formen elektrischer Entladungen, darunter auch den hier besprochenen ähnliche, mit vielem Glücke nachahmte, sah am 18. August 1876 zu Paris einen eigenthümlichen Uebergang zwischen Linien- und Kugelblitzen.¹⁾ Ein Blitz fuhr von der Wolke zur Erde in Form eines S. Er blieb während einer wahrnehmbaren Zeit sichtbar, indem er gleichsam einen Rosenkranz von glänzenden Körnern bildete, die zerstreut waren längs eines sehr schmalen leuchtenden Fadens. Dieser Blitz, von der Höhe Meudon beobachtet, schien Paris in der Richtung von Vaurigard zu treffen. Man erfuhr, dass in der That der Blitz auf diesem Wege an mehreren Punkten einschlug, wohl gleichzeitig unter Theilung in einzelne Zweige oder Körner. Im gleichen Jahre sah Herr Trécul²⁾ bei einem Gewitter dicht vor den Augen 2m lange, 0.15m dicke Lichtsäulen.

80. Die Wirkungen des Blitzes sind unerschöpflich. Auf Gay Vieux³⁾ Sarts bei Hamois wurde am 25. Mai 1865 ein Hirte mit einer Heerde von 152 Hammeln unter entsetzlichem Donner von einem Blitze oder vielmehr Feuerregen betroffen, welcher eine Strecke von 60m Länge 15m Breite in ein Funkenmeer hüllte. Der Hirte ward erschlagen, indem der Blitz ihn am Scheitel traf, das Haar des Hinterkopfes abriss, auf Stirne, Wangen und Brust Furchen eingrub. Von den Hammeln kamen nur 26 mit dem Leben davon. Die übrigen 126 wurden getödtet oder schwer verwundet in seltsamster

¹⁾ Comptes rendus. LXXXII, 484.

²⁾ Comptes rendus. LXXXIII, 478.

³⁾ Arch. de la Bibliothèque univ. 1865, pag. 110.

Weise. Einigen war der ganze Kopf glatt abgerissen, anderen die Hirnschale durchbohrt, diesen ein oder das andere Bein gebrochen, jenen das Rückgrat zerschmettert und das Fell zerrissen oder verbrannt. De la Rive vergleicht das greuliche Ereigniss mit der Angabe M. d'Abadie's,¹⁾ dass in Aethiopien Ein Blitzschlag zweitausend Schafe getödtet habe. Von einem „merkwürdigen Blitzschlage“ berichtet Herr Grebel in Zeitz.²⁾ An einem Tage der Pfingstwoche 2^h p. m. schlug der Blitz in einen Baum auf einer Wiese am linken Elsterufer bei Zeitz. Die 58' hohe Erle war 19' unterm Gipfel vom Blitze berührt worden, welcher dann in zwei regelmässigen Schraubenwindungen um den Stamm herum zur Erde lief. Längs der ganzen Curve war Rinde und Bast abgesprengt und im Splinte eine $\frac{1}{2}$ " tiefe, $1\frac{1}{4}$ " breite Rinne ohne jegliche Brandspur ausgesplittert, ersichtlich durch eine von Oben nach Unten wirksame Kraft. Die Furche hörte 2' 10' vom Boden plötzlich auf, der Rindenriss reichte 1' 7" weiter. Ein Gewitter am 18. Juni 1847, 9—11^h 30 Min. in Bernstadt³⁾ und Umgebung sendete Blitze in den Kirchthurm von Sadewitz, auf eine Weide bei Wabnitz, in einen Stall der Nams-lauer Vorstadt, wo zwei Pferde getödtet wurden, jedesmal ohne Zündung; endlich ward ein Brunnen vom Blitze getroffen, dessen Wasser sofort aufwallte, zischte, heraufstieg, den ganzen Hof überschwemmte, einen „empfindlichen Wärmegrad“ besass und Schwefelgeruch verbreitete. Am anderen Morgen war das sonst klare, wohl-schmeckende Wasser versiecht; schlammiges, trübes, salpetrig schmeckendes zurückgeblieben. Sonst fand sich ein $1\frac{1}{2}$ Ellen tiefes und weites Loch in den Boden

¹⁾ Traité d'électricité. III, 151.

²⁾ An. d. Phys. (157) 1850. LXXXI, 577.

³⁾ An. d. Phys. (148) 1847. LXXII, 176.

geschlagen, dessen ausfüllendes Erdreich spurlos verschwunden schien. Am 17. Juni 1870 wurde das bei Hamburg frei und hoch gelegene Landhaus des Herrn J. G. Fischer¹⁾ vom Blitze getroffen. Er zertrümmerte den Schornstein und fuhr durch die zinkene Regenröhre in die Erde. Die Röhre ward an drei Stellen durchlöchert, in der Mitte von Innen nach Aussen, oben und unten in umgekehrter Richtung. Der Boden war $1\frac{1}{2}$ ' tief aufgewühlt und daselbst eine thönerne Sielröhre zerbrochen. Die Gartenarbeiter beschrieben den Blitz als grossen Feuerklumpen. Weder Brand- noch Schmelzspuren fanden sich vor. Stahlgeräthe in einem Zimmer des Erdgeschosses, an dessen SE.-Wand²⁾ der elektrische Funke herabgefahren war, wurde stark magnetisirt mit einziger Ausnahme einer senkrecht in der Maschine steckenden Nähnadel. Aus der sofort aufgezeichneten übereinstimmenden Lage aller entstandenen Pole muss „der aus der Höhe niedergefahrene Blitz ein Funke negativer Elektricität gewesen sein“. Personen, welche zum Theil mit jenen Gegenständen beschäftigt waren, empfanden ausser dem Schrecken keinerlei üble Einwirkung. Eine Henne gab mit jenem Augenblick das vorher 18 Tage hindurch geübte Brutgeschäft unwideruflich auf. Eine der seltensten Blitzwirkungen war jene vom 18. Juli 1689, worüber das „Hamburgische Magazin“³⁾ unter dem Titel berichtet, „von einem Donnerwetter, durch das Buchstaben sind abgedruckt worden“. In der Kirche zu Lagni wurden vom Blitze 50 Menschen

¹⁾ An. d. Phys. (216) 1870. CXL, 654—656.

²⁾ Nach Balitoto (Decade phils. 428) ist dies die gefährdetste Seite; weniger SW.; fast gar nicht N.

³⁾ An. d. Phys. 1748. III, 276. — L'Amy, Conj. etc. 1696. — An. d. Phys. (143) 1846. LXVII, 587—590. — Nollet, Acad. d. sc. 1764, pag. 437.

umgeworfen. Auf dem Altartuche fand man abgedruckt die lateinischen Einweihungsworte des Abendmahles, welche in der katholischen Kirche herkömmlich sind; jedoch mit Auslassung des Satzes: „Hoc est enim corpus meum“, wie des späteren: „Hic est enim calix sanguinis mei“ etc. Diese Worte waren im Messkanon roth gedruckt gleich einigen bedeutungslosen Zieraten, welche im Abdruck ebenfalls fehlten. Letzterer war natürlich verkehrt, so dass man die Schrift im Spiegel lesen oder das Altartuch gegen das Licht halten musste. Nach Aussage des Pfarrers war „die bedruckte Seite gleich auf dem Altartuche gelegen“. L'Amy erforschte hierzu, dass die rothe Druckfarbe austrocknenden Zinnober enthalte, wonach vielleicht der vom Blitze gesteigerte Luftdruck bloß die feuchteren schwarzen Buchstaben dem Tuche aufpresste. Eine „sonderbare Blitzwirkung“ wird von Herrn Petrie Esq.¹⁾ berichtet. Am 13. Juli 1799 schlug ein Kugelblitz ins Vordertheil eines „Indienfahrers“. Ein Soldat wurde sofort getödtet, ein Matrose betäubt. Die Leiche Jenes blieb lange warm, die Musculatur geschmeidig bis zu baldiger Fäulniss. Der Zweite schrie nach 6—8 Minuten laut auf, starrte wild umher, schäumte und stammelte. Erst nach mehreren Stunden kam er zur Besinnung und klagte nur über geringe Schmerzen oberflächlicher Hautverbrennung. Nach drei Tagen fühlte er am Kopf Schmerz; stellenweise aber hatte er die Empfindung verloren. Hier schien in Dollargrösse Haut und Knochen eingedrückt und wurde später nekrotisch, ohne vorher entzündet gewesen zu sein; auch Haar und Mütze waren daselbst unversehrt geblieben. Ueber Blitzschläge in Freiburger Gruben meldet Herr F. Reich.²⁾ In diesen Fällen ist besonders bemerkenswerth die grosse

¹⁾ Nicholson, Journ. of nat. phil. III, 432.

²⁾ An. d. Phys. (141) 1845. LXV, 607—611.

Tiefe, bis zu welcher sich in einem feuchten Schachte die Blitzwirkung erstreckte. Herr Alluard¹⁾ beobachtete eigenthümliche Wirkungen des Blitzes auf die kupfernen Halbkugeln des Robinson'schen Anemometers, welches über der gegen 9 Ar umfassenden Gipffläche des Puy de Dôme steht. Die Eisenmasse des dasselbe tragenden Mastes und der hinanführenden Stufen ist mehrere 1000 *kg* schwer. 2—3 *cm* dicke, 100 *m* lange Metallseile dringen ins feuchte Erdreich und enden dort in Kupferplatten von 15 *m*² (?) Fläche. An den oberen Hälften der Anemometerschalen findet man viele Schmelzspuren, und zwar je 12, 15, 18, 20 auf jeder einzelnen; 6 am eisernen Verbindungsring. Das Metall ist an diesen Stellen in der Ausdehnung von 4—5 *mm*² in einen Kegel erhoben, der aus einem Miniaturkrater emporsteigt, wie wenn eine äussere Anziehung die Schmelzmasse gehoben hätte. (An vorspringenden Stücken der Eisenconstruction erscheint oft unter Zischen das Helenenfeuer.) Aehnliche Schmelzungsacte des Blitzes sah Herr Frick²⁾ am Windfahnenstern des Freiburger Münster. Das Kupferblech ist 1½, an den Strahlenenden 4 *mm* dick. Die Anschmelzungsstellen an letzteren sind in Kreisbogen ausgeschnitten, deren grösster 22 *mm* breit, 9 *mm* tief ist. Die verspritzten Kügelchen des geschmolzenen Metalles scheinen theilweise die Sternfläche getroffen zu haben, indem darauf vielfach die sonst gut adhärende Vergoldung fehlt, Vertiefungen wie von Schrotschüssen und aufsitzende angeschmolzene Kupferwarzen vorkommen. Ich selbst sah im Jahre 1856 zu Nürnberg durch Gefälligkeit des längstverstorbenen Mechanikers Bauer daselbst

¹⁾ Comptes rendus. 1883. XCV, 1199. — La Nature, No. 499, XI, pag. 53. — Naturforscher 1883. VI. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XVIII, 177.

²⁾ An. d. Phys. (187) 1860. CXI, 646.

die Platinspitze eines Blitzableiters, die er dort abgenommen hatte, mit deutlicher Schmelzspur, indem von dem auf circa $1\frac{1}{2} mm^2$ abgestumpften Ende 2—3 convexe Tröpfchen an den Seitenflächen und gekerbten Kanten abwärts auf eine Strecke von 4 mm geflossen waren. Die Rembertikirche zu Bremen¹⁾ wurde im Mai 1885 von einem sogenannten kalten Blitzschlag betroffen, der in halber Thurmhöhe eintrat, unterhalb davon an der Wand eine bläulich weisse Farbe zurücklassend. Diese rührte wahrscheinlich von einem durch Nachbarn im fraglichen Moment beobachteten grauen Dunste her, vermuthlich durch verdampfende Kupfersalze veranlasst. Zehn Meter über dem Boden war das Kupferseil des Blitzableiters dicht mit Oxyd bedeckt. Abwärts von da scheint der elektrische Strom die vorgeschriebene Leitung nicht verfolgt, sondern ein Loch in die Mauer geschlagen zu haben. Im Innern fand man eine correspondirende Oeffnung nahe einem Glasflammenträger, von welchem der Blitz auf die Röhren überging, weil keine Erdplatte des Ableiters da war, demnach dessen Widerstand sehr gross erschien. Ueber einen höchst seltsamen Blitzschlag berichtet Herr Deschmann aus Laibach.²⁾ In Krain bewahrt man Getreide, Klee und Heu in sogenannten Harpfen auf, Trockengerüsten, ähnlich den zum Aufhängen der Wäsche am Ofen üblichen, doch mit einem Dächlein und schief gestellten Stützen versehen. 300 Schritte nordöstlich vom Friedhofe zu St. Christoph wurde eine solche Vorrichtung am 6. Juli 1884 vom Blitze getroffen. Am westlichen Eck hereinfahrend, sonderte sich ein Zweigstrahl ab, am eichenen Pfosten zur Erde gleitend, die zunächst

¹⁾ Alex. Stude, Abhandlgn. des naturw. Vereines in Bremen. (Müller, 1886.)

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1884. XIX, 376—378.

hängende geschnittene Gerste entzündend, so dass nur die zwei verkohlten Hauptständer verblieben. Der eine ward zersplittert, der andere an der Rückseite aufgerissen. Der Hauptblitz verfolgte das Dach längs des Firstsparren, bog an der vierten Säule abwärts, riss grosse Stücke aus dem Balken, sprang mittelst eines Eisenhakens auf einen Horizontalsparren über und verbog eine 0·8 *m* hohe, 0·2 *m* breite eiserne Platte. Bezüglich der Bäume ist die Meinung verbreitet, einige seien gegen den Blitz gefeit, und zwar je nach Höhe und Aestevertheilung, Standpunkt, Holz- oder Bodenart. Genauere Untersuchungen ergaben keinerlei Bestätigung hiefür, vielmehr das allgemeine Gesetz, dass das Zusammentreffen des Blitzes mit einem Gegenstand auf dem Umstande beruht, ob dieser in der Richtung der ursprünglich eingeschlagenen Blitzbahn liegt. Neuerdings wurde wieder von Herrn A. Werneburg ¹⁾ beobachtet, dass bei Sondershausen eine Rothbuche vom Blitze getroffen ward dicht neben vielen Lärchen und hohen Weymouthskiefern; bei Friedrichroda eine Lärche mitten unter Kiefern, Fichten, Eichen; anderwärts neben schlanken Chausseepappeln ein Baumkrüppel. Eisengehalt der Erde erscheint ganz bedeutungslos.

Um den Blitzschlag im Wasser nachzuahmen, leitete Herr Planté ²⁾ den Strom einer Secundärbatterie von 800 Zellen, mittelst rheostatischer Maschine geladen, auf eine flüssige Oberfläche, aus der sich sofort eine halbmeter hohe Garbe erhob. Luft- und Wolkentromben, als elektrisch betrachtet, können mächtige Garben zerstäubten Wassers erzeugen, so dass die Seefluth säulen- oder trichterartig der Wolke entgegensteigt.

¹⁾ Geograph. Gesell. für Thüringen zu Jena (Waldverein). — Natur. Halle 1886. X, 118.

²⁾ Comptes rendus. 1886. CI, 1480. — Naturforscher 1886. XIX, 102—103.

81. Von besonderem Interesse erscheint das Verhalten der Blitze gegen elektrische Telegraphen. 1844 beobachtete Morse¹⁾ an einer der frühesten solchen Einrichtungen in Nordamerika, dass dieselbe von selbst zu arbeiten begann, als in der Entfernung von 20 englischen Meilen ein Gewitter mit heftigen Blitzschlägen sich entlud. Diese Thatsache soll zuerst Herr Henry constatirt haben. Herr Page findet neben solch impulsiven Einflüssen im Telegraphen schwächere, länger dauernde Ströme unter Einwirkung elektrisch geladener Wolken oder Luftmassen. — Herr W. Casselmann²⁾ theilt 1848 vom elektromagnetischen Telegraphen der Taunuseisenbahn mit, dass der Zeiger des Zifferblattes bei jedem Blitze eines nahen Gewitters um 2—6 Buchstaben vorrücke. Es müssen also für den scheinbar einzelnen Blitz mehrere Stromentladungen durch die Leitung gehen, was „für die Erklärung der Zickzackform des Blitzes und der Variationen in der Stärke des Donners vielleicht von Wichtigkeit sein kann“. (?) Am 19. Juli 1847 entlud sich gegen Abend ein starkes Gewitter zwischen Höchst und Frankfurt. In letzterer Stadt sahen mehrere im Amtlocal befindliche Telegraphenbeamte, dass trotz einer mit dünnem Kupferdrahte gemachten Ableitung der Apparat zu arbeiten begann, sobald der erste heftige Blitz erschien. Dieser hatte den Ausschaltungsdraht abgeschmolzen. Mehrmals entlud sich seitwärts ein armdicker, 2—3' langer, blauer Feuerstrahl mit pistolenschussähnlichem Knalle. Auf der Station Hochheim sprühten aus dem Drahte viele kleinere Funken. An der Leitung wurden 18 Tannenstangen zersplittert und zerrissen; dabei liefen die Hauptverletzungslinien in mehrfachen Schraubenwindungen um die Stange; letztere selbst war jedesmal

¹⁾ An. d. Phys. (147) 1847. LXXI, 358.

²⁾ An. d. Phys. (149) 1848. LXXIII, 609—612.

um ihre Achse gedreht. Die im Drahte durch die elektrische Wolke herbeigezogene und in Spannung gesetzte Elektrizität scheint bei jeglicher Blitzentladung grösstentheils durch die Stangen zur Erde zurückgeflossen zu sein. — Auch in Frankreich¹⁾ kam Einiges vor. Ueber diese Frage hielt Herr Telegrapheninspector P. v. Salis am 6. December 1882 vor der Graubündtner naturforschenden Gesellschaft einen höchst lehrreichen Vortrag. Auf der 23 *km* langen, bis 2396 *m* hoch steigenden Fluelalinie fand in 11 Jahren nur Eine Blitzbeschädigung bei 2115 *m* Höhe statt. Die 30.5 *km* lange Berninalinie erfuhr zwischen Pontresina und Putschlav (2334 *m*) binnen 27 Jahren keinen Schaden vom Blitze, auf der nur 6.2 *km* messenden Thalstrecke von Pontresina bis Samaden 1875—1881 zweimal. Auf der 2323 *m* hohen, 49.5 *km* langen Albulalinie wurden innerhalb 13 Jahren keinerlei Zerstörungen bekannt; auf der St. Gotthard- (2114 *m*) und Bernhardin- (2063) Linie dagegen auffallend viele, meist aber in tieferer Lage. Ausserdem wurden untersucht: Julier 2287, Ofen 2155, Maloja 1811, Wolfgang 1627, Lenzerheide 1551, Monte Ceneri 553. Aus den drei Cantonen Graubündten, Tessin, Uri werden seit 1852—1882 alle an Telegraphenlinien vorgekommenen Blitzschläge zusammengestellt mit folgenden allgemeinen Ergebnissen: Die allermeisten Fälle ereignen sich in unmittelbarer Nähe von Flüssen oder Bächen, ferner im unterseeischen Kabel durch den Lago maggiore und an den Uferstangen desjenigen im Vierwaldstättersee. Seltene Ausnahmen betreffen bloss Orte mit vielem Grundwasser. Die Blitzschläge sind viel häufiger in Niederungen und rings umragten Thälern als auf Bergübergängen. Von 31 Fällen treffen 16 auf „unterhalb 500 *m*“, 4 „unter 1000 *m*“, 4 „unter 1500 *m*“, 6

¹⁾ Comptes rendus. XXIII, 546. XXIV, 980.

„unter 2000 *m*“, 1 „unter 2500 *m*“. Diese Zahlen sind um so auffälliger, als die Linien über 500 *m* eine Gesamtlänge von 681 *km*, die unter 500 *m* von 225·8 *km* haben. Nie wurde seit 30 Jahren bekannt, dass der Blitz in ein Gebäude geschlagen hätte, an welchem Telegraphendrähte mit Eisenhaltern befestigt waren, „und doch bestehen mehrere hundert Isolatorenträger in allen Höhenlagen“.

82. Zu den seltsamsten, nicht oft zuverlässig festgestellten, deshalb bis in neuere Zeit angezweifelte Erzeugnissen der elektrischen Entladungen gehören die Blitzröhren. Es ist mir erfreulich, dass ich persönlich Gelegenheit hatte, die merkwürdige Entstehung einer solchen unter höchst ungewöhnlichen Umständen nachgewiesen zu haben. Nach Gilbert¹⁾ wurden dieselben zuerst in Deutschland beobachtet 1805 durch Herrn Hentzen, einem im Fürstenthum Lippe wohnenden Oekonom, in der unter dem Namen „Senne“ bekannten Sandwüste Paderborns. Die erste wissenschaftliche Untersuchung über dieselben schrieb Herr K. G. Fiedler in Bautzen.²⁾ Er beschreibt zuvörderst die Senne, in welcher viele muldenförmige Sandgruben, oft von 200' im Umfang und 12' an Tiefe das Material liefern in kleinen, abgerundeten, hellen Quarzkörnern, mit Heidekraut anfangs abwechselnd, während tiefer im Innern alles auf Himmel und Sand zurückkommt. Herr Hentzen führte ihn an eine Stelle, wo bis zu 9' tief eine der stärksten Blitzröhren ausgegraben worden war, welche wahrscheinlich noch weiter hinab sich erstreckte, aber des nach-

¹⁾ Herausgeber der späteren Poggendorff'schen An. d. Phys. (1769—1824).

²⁾ An. d. Phys. 1817. LV, 121—164. — 1819. LXI, 235—262 — 1821. LXVIII, 209—211. — 1822. LXXI, 301—312. — 1823. LXXIV, 213—222.

rollenden Sandes wegen nicht zu verfolgen war.¹⁾ Am östlichen Abhang einer Vertiefung, wohl 30' unter dem Niveau der Senne, nahe dem Ursprung der Lutter, fanden die Forscher „eine Blitzröhre an ihrer Geburtsstätte“. Sie ging unregelmässig gekrümmt, senkrecht in den Boden, rings umgeben von einer liniendicken Schicht gelbröthlichen Sandes. Zwei Seitenäste gingen ab, deren spitze Enden von schwach angeschmolzenen Quarzkörnern verschlossen waren. Beim Herausnehmen der 4' tief aufgegrabenen Röhre zerbrach sie in viele kleine Stücke, deren längst erhaltenes 3" 7''' lang ist. Die Brüche erfolgen gewöhnlich an Quersprüngen, welche Hentzen dem schnellen Erkalten der geschmolzenen, von feuchtem Sande umschlossenen Masse zuschreibt. Einige Schritte weiter wurde eine zweite Röhre gefunden, 7''' weit, von Wandstärke gleich dickem Papier, innen milchweiss emailartig, mit warzigen, wie durch Aufschäumen feurigflüssiger Masse entstandenen, Vorsprüngen, aussen besetzt mit weissundurchsichtigen Quarzkörnern. (Ganz das später zu beschreibende Bild meines Exemplars!) Zwei fernere Blitzröhren wurden längs der Paderborner Grenze aufgespürt. Abbildungen stehen auf Tafel III und IV des 55. Bandes der Annalen Gilbert's (Leipzig 1817). Versuche über die Schmelzbarkeit des Röhrenmaterials, die röthliche Färbung des umgebenden Sandes, das specifische Gewicht der betheiligten Stoffe gehen voraus einer oryktognostischen Beschreibung der „Fulgurite“, nach Hausmann'scher Methode. Alles dies liegt hier zu fern, um mehr als berührt zu werden; zumal nach der Oertlichkeit die mannigfachsten Abweichungen vorkommen, und blos die allgemein physikalischen Eigenschaften der elektrischen Schmelzung constant erscheinen. Anhangsweise wird über anderwärts gefundene Blitz-

¹⁾ Voigt's Magz. d. Naturkde. 1805. X, 6 (Fig.).

röhren berichtet; so aus England, Preussen (im Sande der frischen Nehrung bei Pillau), von der Saale (wo eine Pflanzenwurzel ins Innere gewachsen war), von Rheine. In England gilt Herr E. L. Irton, Esq. zu Irton Hall, als der Entdecker der Blitzröhren, deren eine von 15' Tiefe er 1812 ausgraben liess. Im V. Abschnitt von Fiedler's Arbeit wird ausführlich geprüft und widerlegt, dass die Fulgurite Wurzelincrustate sein möchten, oder Sinterproducte des Mineralreiches, oder Gehäuse ehemaliger Thiere; im VI. der Satz erwiesen, „die Röhren sind Erzeugnisse des Blitzes“, und zwar physikalisch durch Analogie mit ähnlichen Vorgängen, wie Kritik der Länge und Form. Später beschreibt Herr Fiedler die von Herrn van Converden bei Rheine ausgegrabenen, auf Tafel IV des 61. Bandes der Annalen abgebildeten Blitzröhren. Jede besteht aus zwei Hauptästen, von denen viele kurze Nebenzweige auslaufen. Als neue Fundorte werden angegeben: Der Regenstein bei Blankenburg am Harze; die Capitania von Bahia in Brasilien. In der „Allg. Lit.-Zeitung“ von Jena war eine vorgeschichtliche Entstehungsperiode der Blitzröhren vermuthet worden. Dies bestreitet Fiedler wohl mit Recht entschieden, unter Anderem mit Berufung der Thatsache, „dass in England Quarzsand durch den Blitz zu mehreren länglichen, hohlen Körpern zusammengeschmolzen wurde“. Daran reiht Herr Gilbert Angaben über schlesische Blitzröhren aus dem Fürstenthum Oels, welche im Dresdener Mineraliencabinet aufbewahrt seien, allerdings aber nicht als solche erkannt worden waren; über die erste Ausgrabung von Blitzröhren aus Sandbergen, durch den Prediger Hermann zu Massel in Schlesien 1711; über brasilianische Blitzröhren nach Dr. Schwaegrichen aus Leipzig; endlich vom Ursprunge der Blitzröhren. Herr Clarke in Cambridge hatte 1816 die elektrische Entstehung bekämpft. Dagegen sah der Vorstand der Ber-

liner Mineraliensammlung Weiss eine Bestätigung dieser Bildung in Stücken Trappporphyrs, welche Humboldt vom 2364 Toisen hohen Pic del Fräile abschlug. 1821 veröffentlicht Herr Fiedler neue Fundorte von Blitzröhren, nämlich an einem kahlen Sandhügel drei Viertelstunden von Dresden. Dasselbst fand er nach wiederholten Versuchen eine 8 Leipziger Ellen, $5\frac{3}{4}$ " lange Blitzröhre. Sie ging fast senkrecht hinab mit gerundeten, nicht knorrigen Aussenflächen, aus Einer Lage verschmolzener Sandkörner bestehend, so zerbrechlich, dass man nur ein Stück von 20" zusammenkitten konnte. Von den Senner Blitzröhren weicht sie darin ab, dass ihre Dicke nach unten weniger abnimmt, sie sehr geringe Verzweigungen hat, dagegen mehr kleine Krümmungen, stellenweise bis zu gänzlicher Verdrängung des Lumens obliterirt ist und unten braune vegetabilische Fasern hineingewachsen sind. Eine Nachschrift hierzu giebt Herr Gilbert über Wirkungen des Blitzes auf Felsenstücke. Saussure sah auf dem Montblanc Hornblendeschiefer mit schwärzlichen, hanfkorngrossen, glasischen Tropfen und Blasen besetzt, welche er als elektrische Schmelzwirkungen betrachtet, ähnlich wie Ziegelsteine vom Blitze verändert werden. Ramond fand gleiche Erscheinungen auf den Pyrenäengipfeln, Humboldt und Bonpland auf dem Vulcan von Toluca. Die im letzten Falle constatirte Verglasung des Trachytporphyrs stimmt ganz mit der Innenfläche der Blitzröhre überein; nur ist jener schmelzbarer als der Quarzsand dieser, daher dort die Verglasung vollkommener in die Tiefe geht. Schon ein Jahr darnach konnte Herr Fiedler die „Auffindung und Ausgrabung einer Blitzröhre im Königreiche Ungarn bis an ihr Ende" berichten. Dies gelang auf einer sandigen Anhöhe eine halbe Stunde nördlich von Malaczka. Die Röhre war oben $1\frac{1}{2}$ " weit. Nachdem der Boden zwei Ellen tief aufgegraben war, stiess man auf Quarzgerölle

von Taubeneigrösse und plastischen Töpferthon, an welchem als feucht die Elektrizität ableitend die Blitzröhre jedenfalls ihr Ende finden musste. 6'' unter dem Anfang, von welchem Stücke abgebrochen und verweht worden zu sein scheinen, geht ein schwacher, $4\frac{1}{4}$ '' starker Seitenast ab, während 32'' tiefer der Stamm in zwei Hauptzweige zerfällt. Die Wände sind vielfach durchlöchert, durch welche Oeffnungen die Elektrizität zum umgebenden Thonlager geflossen sein mag. Daran schliesst sich weitere Nachricht von Irton Esquire über Ausgrabungen der Blitzröhren zu Drigg in Cumberland. — Am Südrande der Sahara fanden die Herren Denham, Clapperton, Oudny¹⁾ im Thale Dibla, $17^{\circ} 30'$ n. Br., $13^{\circ} 30'$ e. L. von Greenwich röhrenförmige korallenartige Gebilde im Sande, auf dem Bruche von glänzend glasigem Ansehen, meistens vertical, doch auch horizontal liegend, etliche Linien bis $1\frac{1}{2}$ '' dick, 1''—1' lang. Die Eingeborenen glauben, diese Concremente entstünden durch Einwirkung von Wasser und Wind auf den Sand; wie auch in oder auf demselben vornehmlich nach Regen kleine, runde, verglaste Steine, als Schiesskugeln geschätzt, gefunden würden. Herr Koenig am britischen Museum erklärt indess elektrische Entstehungsweise für unzweifelhaft. Allerdings erscheinen die afrikanischen Massen äusserst gleichartig, farblos, durchscheinend; theilweise jedoch auch hellgrau, weissgefleckt. Der Regen ist, wenn nicht von Gewittern begleitet, wahrscheinlich dadurch von Einfluss, dass er den Sand wegschwemmt und die festeren Körper blosslegt. „Directe Beobachtungen über Entstehung von Blitzröhren“ legte Herr Wicke, Professor in Göttingen, der dortigen k. Societät am 13. October 1858 vor,²⁾ und zwar mit

¹⁾ Narrative of Travels and Discoveries in northern and Central Africa in the year 1822, 23, 24 etc., pag. 30.

²⁾ An. d. Phys. (182) 1859. CVI, 158—159.

ausdrücklicher Bezugnahme auf folgende, allerdings sehr kurz absprechende Worte: „Man findet die Blitzröhren in sandigen Hügeln und leitet ihren Ursprung von der Wirkung eines Blitzstrahles ab, was jedoch nur wenig oder gar nicht historisch begründet ist; vielmehr erscheinen sie, anderen röhrenartigen Concretionen in sandigem Terrain analog, d. i. durch an Wurzelmark u. s. w. herabrinnendes Wasser nach und nach entstanden zu sein.“¹⁾ Herr Wiepken, Custos am Museum zu Oldenburg, erfuhr, dass bei letzterer Stadt die Entstehung zweier Blitzröhren direct beobachtet worden sei. Am 15. Juni, zwischen 11 und 12 Früh, waren auf der Hunte beim Gute Drilake vier Arbeiter in einem Baggerschiffe mit Sandausloten zur Vertiefung des Fahrwassers beschäftigt. Das Fahrzeug stand dem niedrigeren Ufer des hier 20' breiten Flusses näher. Es enthielt viele eiserne Sachen. Bei einem das jenseitige Ufer treffenden Blitze verspürten die Männer einen Schlag an den Kopf wie von einem weichen Gegenstande, ohne Zweifel durch den Luftdruck. Am gegenüberliegenden Ufer dampfte es. Sie fanden daselbst den Rasen verkohlt, und 10' vom Wasser zwei Löcher nebeneinander von je einem Kranze weissen Sandes umgeben. Die oberste 6" mächtige, die Grasnarbe tragende Erdschicht wurde abgehoben, und darunter in 1 $\frac{1}{2}$ ' tiefem weissen Sande eine Röhre gefunden, am zu unterst folgenden moorigen Terrain endend. Sie war so zartwandig, dass sie bloss in Bruchstücken herausbefördert werden konnte, welche ans Oldenburger Museum und in Privatsammlungen kamen. Sie sind von gewöhnlicher Beschaffenheit, rundlich, von Papierdicke, innen gut verglast, weiss, nur stellenweise grünlich von Eisenoxydul, aussen rauh von anhängendem Sande. Noch überzeugender für die elektrische Entstehung der Blitzröhren er-

¹⁾ Handwörterb. d. reinen u. angewandten Chemie 1842. I, 873.

scheint die Bildung einer solchen in einer Räumlichkeit, wo „Wasserinfiltration“ vollständig ausgeschlossen ist. Ich beschrieb diesen Fall in einem Briefe vom 30. Juni 1867 an Herrn Poggendorff in Berlin,¹⁾ ferner in der physikalischen Section der deutschen Naturforscherversammlung zu Innsbruck 1869²⁾ mit Vorzeigung der Röhre, für welche sich unter Anderen Herr Dove interessirte, wie auf derselben (meteorologische Abtheilung) zu Leipzig, endlich in meinem Buche: Die Physik in der Medicin.³⁾ Auch wird davon gesprochen in Müller's Kosmischer Physik⁴⁾ und Kuhn's Untersuchungen über den Blitz.⁵⁾ Letzterer zeigte das zur Zeit in meinen Händen befindliche, leider fragmentarische Exemplar an der k. bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München vor. Ich wurde auf den am 24. Juni 1867 zu Forchheim in Bayern vorgekommenen Fall aufmerksam gemacht durch den damaligen Untersuchungsrichter, später als Oberlandesgerichtsrath hier verstorbenen Herrn Miltner, mit welchem mich vielfach freundlicher Verkehr verband. Der Blitz, welcher mancherlei Schaden anrichtete, unter Anderem einen Mann betäubte, welcher im Augenblicke des, wie er behauptete, geräuschlosen Ereignisses wie von der Sonne geblendet oder in eine Flamme gehüllt sich vorkam, erzeugte eine regelrechte Blitzröhre durch Schmelzung des nach ländlicher Sitte den Zimmerboden bedeckenden Sandes. Von der Wand der Stube war er mit Zertrümmerung eines dort hängenden Spiegels auf die Diele überggesprungen, hatte daselbst eine 2' lange Strecke zurückgelegt und

¹⁾ An. d. Phys. (207) 1867. CXXXI, 494—495.

²⁾ Tageblatt, XLIII, 21. Sept., S. 108.

³⁾ Stuttgart 1875, Ferd. Enke, S. 609, Abbildg. Fig. 31.

⁴⁾ 4. Aufl. 1875, S. 771.

⁵⁾ Sitzungsbr. d. k. b. Akad. d. Wissen. München 1867. II, 274.
— Sitzung d. math.-physikal. Classe am 6. Juli 1867.

die Vordermauer durchbrochen. Von diesem rundlichen, etwas ausgezackten, über thalergrossen Loche 2' weit ins Innere des Zimmers war die Blitzbahn auf dem Stubenboden bezeichnet durch ein röhrenförmiges Concrement mit schwachen Windungen und Biegungen, wechselnd im Durchmesser von 3·7—10·8 *mm*, elliptischen Querschnittes; unregelmässige Ausbuchtungen gehen zur Seite ab, doch keine Verzweigungen. Die Färbung ist grauweiss; das Innere durch Schmelzung vollkommen glatt und verglast; das Aeussere rauh von fest daran-gefrittetten, unter sich zusammengeklebten Sandkörnern. Die Wanddicke überschreitet nicht diejenige dünnen Pappendeckels, doch widersteht das Ganze dem Drucke, ausser am Rande, der leicht abbröckelt, mit erheblicher Stärke. Das Material ist aus Feldspatverwitterung entstandener, mit weissem Quarz vermischter Sand nebst secundären Beimengungen. Leider wurde, bevor eingeschritten werden konnte, das Meiste von den, wie es scheint, keinen naturwissenschaftlichen Neigungen fröhenden Hausbewohnern und Arbeitern verschleudert und zerbrochen, theilweise indess zu einer, mir nicht näher bekannt gewordenen, chemischen Analyse durch den dortigen Stadtapotheker angeblich verwendet. Der Sand pflegt kaum so dick gestreut zu werden, dass ohne-weiters darin der Länge nach eine Röhre vom Blitze gegraben sein konnte. Wenn nicht die, der Sachlage gegenüber so gut wie unmögliche, Angabe gemacht werden will, dass das Gebilde von anderwärts her an seinen Fundort gebracht worden sei, wird wohl die Entstehungsweise so vorzustellen sein: In der Funkenbahn entstand zuvörderst Luftverdünnung, dann wirbelnde oder rotirende Bewegung der umliegenden Sandkörner gegen die Blitzlinie, schliesslich Schmelzung, zuletzt Erstarrung der geschmolzenen, und durch Dislocation vereinigten Einzelstücke.

Künstliche Erzeugung von Blitzröhren wurde zuerst versucht durch die Herren Hachette, Savart und Beudant,¹⁾ welche hierzu die damals stärkste Batterie von Charles im Conservatoire des Arts et Métiers zu Paris benützten. Das Loch eines Ziegelsteines wurde mit Glaspulver ausgefüllt. Einmal wurde eine Röhre erhalten von 25 *mm* Länge, äusserem Durchmesser 1·5—3 *mm*, innerem 0·5 *mm*. Das anderemal bei Vermischung des Glases mit Kochsalz eine ziemlich reguläre Röhre 30 *mm* lang, 4½ *mm* dick, 2 *mm* im Lumen. Mit Feldspat- oder Quarzpulver erzielte man nichts. Innen sahen diese Röhren schwärzlich aus; sie waren viel schwächer als die natürlichen; wohl wegen der grossen Verschiedenheit in der Stärke der elektrischen Entladung. — Vierzig Jahre später stellte Herr Rollmann²⁾ in Stralsund künstliche Blitzröhren dar. Er schloss gewaschene Schwefelblumen in eine 17 *mm* weite Glasröhre ein, welche bei 13 *mm* Länge beiderseits mit durchbohrten Glasplatten gedeckt war. Hier wurden stets Röhren mit innerer Schmelzung erzielt; bei 20 *mm* Länge ging dagegen der Funke oft längs der Glaswand weiter, eine glänzende Spur hinterlassend. Ein kleines Trinkglas, aufwärts schwach erweitert, 85 *mm* tief, 55 *mm* im Mittel weit, wurde am Boden durchbohrt und mit eingekittetem Metallstift versehen, der aussen an der Bodenfläche abgeschnitten ward. Eine Glasplatte, parallel dem Boden im Trinkglas verschiebbar, trägt in der Mitte einen Metallstift, der aussen in eine Kugel endet. Zur Führung dient ein durchbohrter Ebonitdeckel. Die ins Glas geschütteten Schwefelblumen klopft und drückt man mit dem Deckel

¹⁾ An. d. Phys. (89) 1828. XIII, 117—118. — An. d. chim. et d. phys. XXXVII, 319.

²⁾ An. d. Phys. (210) 1868. CXXXIV, 605—615. — Repertor. d. Exp. Phys. 1868. IV, 429.

fest. Die vom durchschlagenden Funken erzeugten Röhren zerbrechen freilich meistens; doch wurden solche von 50 *mm* Länge unverletzt erhalten bei 2 *mm* Innenweite mittelst einer an der Influenzmaschine geladenen Leydener Flasche von 2 Quadratfuss Gesamtbelegung. Vier solche, zur Batterie verknüpft, gaben keine längere, aber dickere Röhren; ersteres jedoch zur Cascadensäule geordnet. In diesem Falle waren die Röhren 80 *mm* lang, $1\frac{1}{2}$ —2 *mm* dick, aber wandschwacher als sonst. Die Gebilde sind unregelmässig gekrümmt, manchmal verästelt, besonders wenn die Elektroden spitze durch eine leitende Platte ersetzt ward. Innen erscheinen sie glatt, aussen pulverig. Lockeres Schwefelpulver giebt weite, doch auch oft rissige Röhren. Die Intensität des Schlages ist einflussreich, die Art der Elektrizität nicht. Mehrere Entladungen gehen nicht immer den nämlichen Weg, sondern bilden zuweilen Bündel von Röhren. Geringe Zusätze von Metalloxyden zum Schwefel gaben allerlei Färbungen, ohne dass der Haupterfolg beeinträchtigt wird, selbst wenn ein Fünftel seines Gewichtes vom Zusatz verdrängt war. In Kolophonium, Asphalt, Bernstein, Glas, Smalte, Bleiweiss, Bleiglätte, Zinkweiss, Talk, Zucker, Stearin wurden zwar auf elektrischem Wege Röhren erzielt, aber nicht mit haltbaren Wänden, überhaupt kaum isolirbar. Besonderheiten der Erscheinungen erklären sich leicht aus der Eigenthümlichkeit des Materials. Der Grund der Verzweigungen könnte in Partialentladungen liegen. Die Anordnung seiner Flaschen wich von der gebräuchlichen darin ab, dass die Innenbelege abwechselnd positive und negative Elektrizität enthalten; desgleichen die äusseren, so dass die erste und letzte Innen- (oder Aussen-) Belegung zur Verbindung mit den Elektroden der Maschine frei bleibt, die anderen aber durch federnde Drähte unpaarig verbunden sind. Der bei eingeschaltetem nassen Faden erzielbare rothe Funke giebt keine elek-

trischen Röhren, sondern massive Schmelzfäden; auch bei Aufschlagen aus der Entfernung ohne Pulverzerstreuung oder Trichterbildung, welche in diesem Falle beim gewöhnlichen Funken nie fehlt. Die massiven Fäden werden sehr fest und durch eine Vierflaschenbatterie 18 mm lang, 0.5 mm dick. Sie erinnern an Schwaegrichen's Blitzröhren von Bahia; die früheren wirklichen Röhren mit Anfangstrichter an die Fälle vom 17. Juli 1823 in Ostpreussisch-Rauschen (Hagen zu Königsberg) und vom 29. April 1825 zu Augustdorf in der Senne (Hentzen). Hagen erwähnt an jener Stelle der Angabe Withering's über Blitzschmelzung in der Erde;¹⁾ und Gilbert weist hin auf Pfaff's in Kiel Beobachtung einer auf der Insel Amrum²⁾ vom Blitze erzeugten Sandröhre, 3''' dick, deren innere Verglasung in den unteren (abgebrochenen) Aesten schwarz erschien.

83. Blitzspectra, hervorgebracht durch Zerstreuung eines linearen Lichtstrahles im Prisma, soll zuerst mittelst eines Handspektroskopes Lieutenant Herschel gesehen haben, als bei einem Seesturme sehr viele Blitze auftraten. Auf dem gewöhnlichen, mit allen Farben ausgestatteten Spectrum erschienen zahlreiche Linien, darunter am schönsten die blaue Stickstofflinie und die rothe Wasserstofflinie $H\alpha$.³⁾ — Die erste wissenschaftliche Untersuchung über die Spectren der Blitze führte Herr August Kundt in Zürich 1868 aus.⁴⁾ Der elektrische Funke zeigt, im Spectralapparat betrachtet, auf der mehr oder weniger lebhaften, oft ganz undeut-

¹⁾ Philos. Transact. Vol. LXXX, P. II, pag. 293. — Voigt's Magz. VII (4), 23.

²⁾ An. d. Phys. 1822. LXXII, 111—112.

³⁾ Schellen, Die Spectralanalyse etc. Braunschweig 1870. Westermann, S. 447.

⁴⁾ An. d. Phys. (211) 1868. CXXXV, 315—326.

lichen Fläche der Regenbogenfarben eine Reihe glänzender Lichtlinien oder Bandstreifen, welche von glühenden Gasen, welche durchschlagen werden, und besonders in Nähe der Elektroden von daselbst losgerissenen Metalltheilchen herrühren. — Ausnahmsweise wird wohl auch ein, besonders durch kräftiges Blau ausgezeichnetes, continuirliches Spectrum erhalten, wenn ein starker Ruhmkorfffunken durch Flüssigkeiten schlägt, als welche Herr Abt in Klausenburg¹⁾ Wasser, Olivenöl, Mandelöl, Glycerin, Alkohol, Milch benützte. Bei besser leitendem Material werden die Drähte vortheilhaft bis zu den blank abgeschliffenen Enden mit Kautschuk und Glasröhren überzogen. Erst sternförmig und zischend, entladet sich bald die Elektrizität in knallenden, weissglänzenden Funken, welche das Oel oft 30 cm hoch emporschleudern. Die breiten Farbstreifen sind anfangs durch dunkle Bänder getrennt, fliessen aber bald in ein continuirliches Spectrum zusammen, welches sein Dasein wahrscheinlich dem Umstande verdankt, dass die abgerissenen Metallpartikel wie die diffundirten Gase innerhalb der Flüssigkeit nicht eigentlich eine glühende Gasbahn darstellen, sondern letztere nicht genügend erhitzt werden, erstere aber blos zur intensiven Weissgluth kommen. — Da beim Blitze die letzt erwähnten Verhältnisse kaum bestehen, war zu erwarten, dass sein Spectrum aus hellen Linien zusammengesetzt sei, welche den desfalls bekannten Erscheinungen bei atmosphärischer Luft und Stickstoff entsprechen dürften. Kundt sah dies wirklich, als er bei einem im Juli 1867 über Berlin entladenen Gewitter ein Hoffmann'sches Taschenspectroskop nach der Gegend des Himmels richtete, wo die meisten Blitze zu erwarten waren. Statt einer Anzahl scharfer Linien kam indess bei einigen Fällen eine Menge schwächerer,

¹⁾ K. ungar. Akad. d. Wissensch. Budapest, 16. Dec. 1878.

breiter, ziemlich gleichmässig von einander abstehender Farbstreifen zu Stande; und zwar war solches, nachdem im Laufe eines Jahres mindestens ein halbhundert Beobachtungen zu Gebot standen, öfter der Fall als das Erscheinen der Linearspectren. Wird das Spectroskop à vision directe auch so gut als möglich in die Gewitterrichtung postirt, wobei Kundt das kleine Fernrohr abzunehmen räth, so ist doch die Wahrscheinlichkeit, dass Blitzbahn und Spectralspalte in Eine Ebene fallen, äusserst gering. Man sieht in der Regel blos das von den Wolken zurückgeworfene Blitzlicht. Von Flächenblitzen kann leichter deren Lichtaussendung direct ins Auge gelangen. Das Juligewitter in Berlin entlud sich Fröh 9^h, so dass trotz des trüben Himmels das volle Tagesspectrum deutlich erschien, auf welchem viele helle Linien glänzten, insbesondere 2 im äusseren Roth, 3—4 sehr helle im Grün, einige blässere im Blau; dazwischen mehrere nicht so klar ausgeprägte, doch auch scharf begrenzte Striche. Am 23. Juli 1868 wurden zu Zürich zwischen 8¹/₂ und 9¹/₂^h p. m. 25, am 10. August zur selben Zeit 30 Blitze spectroskopisch geprüft. Nicht in allen Linienspectren scheinen dieselben Streifen am hellsten oder überhaupt vorhanden. Auch die oben erwähnten, viel häufiger auftretenden Bandenspectra sind verschieden, indem entweder besonders im Blau und Violett, oder auch im Grün, selbst Roth die Lichterscheinungen vorkamen. Bei einem Blitze am 23. Juli, der wahrscheinlich die zur Züricher Sternwarte führende Telegraphenleitung traf, trat zuerst ein scharfes, reiches Linienspectrum, dann ein gleichmässiges Bandenspectrum auf. Beide gehörten zusammen; denn im ersten Spectrum blitzten zwei scharfe Linien im Grün auf, wurden aber bald ersetzt durch schwächere breitere, grüne Streifen. Aehnliches wiederholte sich am 10. August zweimal. Bei letzterem Gewitter wurden auf 6 Linien- 11 Bandenspectra ge-

zählt; jenes stets bei Funken- oder Zickzackblitzen, dies bei flächenhaftem Aufleuchten ohne sichere Linearbahn. Dort hörte man lauten kurzen Donner, hier schwächeren, länger rollenden. Im ersten Falle ist das Licht vorherrschend weiss, im zweiten bläulich, violett, röthlich. Analoge Unterschiede kennt man an den Elektrisirmaschinen bei Funken-, Büschel- oder Glimmentladung. Das Spectrum des ersteren besteht aus hellen Linien. Dasjenige der beiden letzteren findet Herr Schimkow¹⁾ übereinstimmend mit dem zweiten Spectrum erster Ordnung des Stickstoffes aus regelmässig gestellten Säulchen in Blau und Violett. Beim Blitze kommt neben diesem noch ein anderes Spectrum vor, das erste I. Ordnung des Stickstoffes; das auch helle Streifen in Grün und Roth („shaded bands“) enthält. Vermuthlich verlangt letzteres eine etwas stärkere Entladung. Dass die Kennzeichen der Flächenblitze meist vorwiegen, stimmt damit überein, dass die Wolken nach Form und halbleitsamer Beschaffenheit weit weniger zur höher gespannten Funkenentladung, als zur milderen Büschelenausgleichung geneigt sind, zumal diese von der Verdünnung in höheren Luftschichten begünstigt wird. Die oft ziemlich lang leuchtenden Flächenblitze bilden sich discontinuirlich. Nur Funkenblitze geben kurzen, scharfen Donnerknall. Auch an der Elektrisirmaschine geschieht ja die Glimmentladung fast ganz geräuschlos, die Büschelentladung unter um so tieferem Zischen, je grösser die Strahlenbündel sind. Clausius scheint geneigt, das donnerlose Wetterleuchten hierher zu ziehen und giebt Erklärungen des Rollens, welche in nächster Nummer berücksichtigt werden. Bezüglich der spectralen Verschiedenheiten wird bemerkt, dass zunächst die Gasparkeln, welche der elek-

¹⁾ Bericht der Berliner Akad. 1866, S. 375. — An. d. Phys. (205) 1866. CXXIX, 508—520.

trische Funke glühend macht, also Sauerstoff, Stickstoff, Wasserdampf, Kohlensäure in Betracht kommen. Je nachdem der eine oder andere dieser Bestandtheile vorwaltend glüht, können schon Differenzen der Farben eintreten. Darnach machen sich geltend die Unterschiede der Enden des Blitzes, wenigstens sofern er zur Erde schlägt, während die Wolken, abgesehen von zufälligen geringen fremden Beimengungen, stets die nämlichen elektrolytischen Producte liefern. Fusinieri¹⁾ giebt an, dass der Blitz Stoffe, zwischen denen er sich entladet, glühend mit sich fortführt und irgendwo absetzen kann. Dass bei künstlichen Versuchen jene Theilchen nur in Nähe der Elektroden sich aufhalten, würde ihre Spectralbeobachtung auf der Blitzbahn wenig beeinträchtigen, weil ja ohnedem in den allermeisten Fällen nur das zerstreute, anderwärts zurückgeworfene Blitzlicht zur Anschauung gelangt. Selbst wenn indess hiervon vorderhand bis auf reichlichere Erfahrungen abgesehen wird, könnte die atmosphärische Absorption die Spectralerscheinungen verschiedentlich beeinflussen. Auch ist die Quantität der wirksamen Elektrizität keineswegs gleichgiltig, wie Clausius an zwischen Metallkugeln übergehenden Flaschenfunken fand. Bald diese, bald jene Linien werden hierbei in grösserer Helligkeit zur Erscheinung gebracht. Angstroem²⁾ machte darauf aufmerksam, dass hierbei selbst die Empfindung der Farben-*nuance* bei denselben Linien geändert werden kann.

Am 2. September 1871 beobachteten auf der Sternwarte zu Bothkamp die Herren H. Vogel und Lohse³⁾ die interessante Erscheinung der Blitzspectren. Die Blitze des abendlichen sehr starken Gewitters waren meist

¹⁾ Arago's Werke. IV, 329. IX, 25. — Fusinieri, 1773—1853

²⁾ Comptes rendus. LXIII, 64.

³⁾ An. d. Phys. (219) 1871. CXLIII, 653—654.

flächenhaft ausgebreitet und so häufig, dass die Gegend oft mehrere Secunden lang tageshell erschien. In kleineren Spectroskopen sah man viele helle Linien und Bänder, zumal im Grün und Blau, doch auch im Roth. Am hellsten glänzte die Doppellinie des Luftspectrums bei 0.0005 mm Wellenlänge. Als die Spalte eines grossen Spectralapparates so weit geöffnet ward, dass letztere Linien in einen etwas breiteren Streifen zusammenflossen, die Natriumlinien aber getrennt auftraten, konnte man einige der hellsten Blitzspectrallinien messen, obwohl solche Bestimmung wegen der Schnelligkeit und des Ueberraschenden im Ereigniss schwierig und auf circa $\frac{1}{2}$ Milliontel Millimeter Wellenlänge unsicher ist. Constatirt wurde:

Milliontel Millim.	534.1	in Fällen:	1,	schwach.
"	"	518.4	" "	1, ziemlich hell.
"	"	500.2	" "	5, sehr hell nebst schwächerer Linie.
"	"	486.0	" "	2, hell.
"	"	467.3—458.3	" "	2, breites helles Licht-

band; ein solches auch bei G. Im Roth waren die Linien zu schwach für die Messung. Die erste Linie gehört dem Sauerstoffspectrum an; die zweite, dritte und fünfte treten auf, wenn der elektrische Funke durch die atmosphärische Luft schlägt; die vierte ist identisch mit der Linie $H\beta$ des Wasserstoffes. Diese mit der ersten lassen auf Zersetzung des atmosphärischen Wasserdampfes durch den Blitz schliessen. Sie wie die übrigen Streifen zeigen die Uebereinstimmung der Blitzspectra mit den gewöhnlichen Luftspectren der elektrischen Funken. Allerdings weichen jene untereinander ab. Bei einigen erstreckten sich die hellen Linien bis ins Roth, bei anderen nur auf Blau und Grün. Die continuirliche Farbenreihe war dabei schwach oder stark oder allein vorhanden. Ich selbst beobachtete Blitzspectra oft; sah aber meist

bloß Bandenspectra mittelst eines kleinen Handspectroskopes oder selbst nur diffuse Aufhellungen der gewöhnlichen Farbenreihe. Einmal aber prächtige Linienspectra bei einem heftigen Gewitter, das von WNW. nach SE. ziehend zwischen 5 und 6^h p. m. am 23. April 1874 über Bamberg sich entlud.¹⁾ Indem ich das 9 cm lange Instrument à vision directe anhaltend auf die Gegend des Himmels richtete, wo nach der Gestaltung des Wolkenzuges die Blitze vornehmlich zu erwarten waren, und zwar schon zu einer Zeit, da nur schwacher Donner das nahende Wetter verkündete, sah ich das düstere, doch wohl ausgeprägte Spectrum mit den stärksten Frauenhofer'schen Linien. Drei- oder viermal erschien im Gelb und Grün ein deutlicher, indess schlecht begrenzter heller Streifen, nach dessen Erscheinung binnen 10 bis 15 Secunden Donner folgte. Zu dieser Zeit stand die Wetterwolke noch am westlichen Himmel, zog aber bald über das von N. gegen S. liegende Lycealgebäude hinüber und kam dann südöstlich zur Hauptentladung von einer hier selten bekannten Stärke. Binnen einer Viertelstunde constatirte ich zehnmal die Spectralzeichen des Blitzes, und zwar theilweise unter günstigen Umständen. Es stand nämlich noch von der Vormittagsvorlesung her ein auf Eisenfuss montirter, grösserer Steinheil'scher Spectralapparat im, mit Ausnahme einer Spalte am östlichen Fensterladen, verdunkelten optischen Experimentirzimmer. Ein glücklicher Zufall gab mehreren Blitzen eine Richtung, welche jene Lichtöffnung mehr oder weniger direct bestrahlte. In drei Fällen beschränkte sich die Erscheinung auf Erleuchtung und anscheinende Verbreiterung der grünen Spectralzone mit schwächerer Helligkeit im Blau; in zweien auf scharf begrenztes Er-

¹⁾ An. d. Phys. (228) 1874. CLII, 173—175. — Die Physik in der Medicin. Stuttgart 1875. F. Enke, S. 607.

glänzen der gelben Natriumlinie und einer schwächeren im Roth. In fünf Fällen kam es zur Darstellung ebenso heller als scharfer Linienblitzspectra von seltener Schönheit. In weissem Brillantfeuer erschienen zwei bis drei Linien im Roth, je eine auf Gelb und Orange, drei bis vier im Grün, zweimal auch eine bei Violett. Die schönste Erscheinung aber gab der 20 Min. vor 6 Uhr von einem betäubenden Donnerschlage gefolgte Blitz, indem hier zu den vorerwähnten Lichtstreifen eine aus fünf Linien bestehende Gruppe im Blau bei G (431μ [Listing]) hinzutrat. Ein eigentliches Bandenspectrum sah ich diesmal nicht (später oft!); ob aus örtlichen Gründen oder weil die den elektrischen Büschel- und Glimmentladungen analogen Blitzformen fehlten, was nach allgemeinem Verhalten trotz ausserordentlicher Nähe und Heftigkeit des Gewitters recht unwahrscheinlich ist, lasse ich unentschieden. Da nach der letzten Beobachtung auf dem Thurme nächst meinem Laboratorium Feuerlärm erscholl, trat ich vom Spectroskope weg und erblickte gleichzeitig mit einem neuen (und letzten) Zickzackblitze reflectirtes violettes Licht an weiter Himmelsfläche. Vielleicht ist die Sichtbarwerdung des Linien- oder Bandenspectrums bei demselben Ereignisse möglich und blos davon abhängig, ob ein Theil der Funkenbahn oder eine reflectirende Wolke in die Richtung der Spectroskopspalte fällt.

84. Der nachgeborne Bruder des Blitzes, der Donner, entsteht durch Zerreissung und Wiederezusammenstürzen der Luft, welche einerseits ihren Gleichgewichtszustand nicht so schnell wieder erreicht, andererseits die Bewegungen nicht so geschwind fortpflanzt, dass nicht akustische Folgen entstehen sollten, welche den Blitz an zeitlicher Dauer überschreiten und eigenthümliche Geräuschformen veranlassen. Wahrscheinlich betheiligt sich an letzteren auch oft das Echo an Wolken und verschieden dichten Luftschichten. Die Lichtfortpflanzung

vom Blitzorte aus bis zur Erdoberfläche darf so gut wie momentan betrachtet werden und man sieht ja in der That einen auch sehr langen Blitz an allen Punkten seiner Bahn gleichzeitig. Der Schall dagegen legt nur circa $333m$ in einer Secunde zurück, so dass auf einer Strecke von $3330m$ der einem daselbst vorgehenden Ereigniss entsprechende Gehöreindruck gegen zehn Secunden in die Länge gezogen würde. Auf den Synchronismus von Donner und Blitz, wie die erwähnten Geschwindigkeitsverhältnisse, stützt sich die übrigens Richtung und Neigung der Blitzbahn wenig berücksichtigende Regel, dass der Abstand der Blitzentstehung vom Standpunkte des Beobachters so vielmal $333m$ betrage, als zwischen Donner und Blitz Secunden verfliessen. Ich zählte, sofern blosses Wetterleuchten ausgeschlossen bleibt, die Maximaldifferenz 73 Sec., was einer Entfernung des Gewitters von $24.309m$, rund vier geographischen Meilen entspricht. Kanonenschüsse hört man fünfmal so weit, vielleicht weil der Donner grossentheils in dünnen, also die Schallwellen mit geringer lebendiger Kraft ausrüstenden Luftschichten gebildet wird. Vom Rollen des Donners sagt noch 1868 Herr Clausius, dass bisher „wenig befriedigende Ansichten“ darüber aufgestellt worden seien. Dasselbe kann nicht ausschliesslich davon bedingt sein, dass das Geräusch auf der Blitzbahn bei Biegungsstellen am stärksten sei, weil gerade an gar nicht im Zickzack gehenden Flächenblitzen es am längsten auftritt. Das Echo kann blos untergeordnet den Donner beeinflussen, weil Blitze, deren räumliche Verbreitung wie Entstehung wenig oder gar nicht von einander abweichen, oft Donner hören lassen von grosser Verschiedenheit der Stärke, Form und Dauer. Kaemtz' Berufung¹⁾ der akustischen Interferenz für die Veränder-

¹⁾ Meteorologie. II, 435.

lichkeit im Donner ist zu allgemein gehalten, um als wirkliche Erklärung gelten zu können und würde höchstens für einige Einzelheiten zureichen. Jeder elektrische Büschel ist aus mehreren Einzelentladungen zusammengesetzt. Bei Wolken gehen wahrscheinlich überdies in sehr kurzen Zeiträumen hintereinander von vielen Punkten zahlreiche Entladungen aus. Während das Auge alle zu Einem Blitze vereinigt sehen kann, ist die Vernehmung der zugehörigen Geräusche vom Ohrabstande des besonderen Entladungspunktes abhängig. Bei der unermesslichen Verschiedenartigkeit derselben erklären sich leicht die Unregelmässigkeiten des Donnerrollens, welche immerhin noch durch Nebenumstände vielfach modificirt werden können. Funkenblitze lassen, wie es der Einfachheit der Erscheinung eigentlich entspricht, oft nur einen einzigen Knall hören;¹⁾ jedenfalls ist der erste Krach stets weitaus der heftigste, während schwächer nachfolgender Donner um so leichter verständlich erscheint, als eine absolut einfache Entladung äusserst selten, sondern wohl meistens von mässigeren Büschelentladungen begleitet sein möchte, welche sich ja oft in der oben erwähnten zweiten (häufigeren) Spectralform verrathen. Herr W. Laska in Prag²⁾ hat vom Rollen des Donners folgende Auffassung. Zwischen zwei elektrischen Wolkenschichten findet Ausgleich statt, so lang die Potentialdifferenz nicht zu gross wird. Wird sie gesteigert — etwa durch, die Oberfläche verkleinernde Wasserverdichtung — so erfolgt ein Momentanausgleich längs der, obigen Schichten conformen, Fläche. Von den verschiedenen Elementen derselben hört ein Beobachter die Schallwirkung abweichend in Zeit und Stärke je nach der Ausdehnung und Entfernung

¹⁾ Riess, Reibungselektricität. II, 534.

²⁾ Meteorol. Zeitschrift. Hann u. Köppen 1886, Januar, S. 33.

der fraglichen Partie. Ein abnehmender Schlag würde vernommen, wenn $a/r_a = c/r_c$, worin r_a, r_c die Abstände der entladenen Schichten, und diese a und c beziehentlich begrenzt sind von $r_a + dr_a$ und $r_a - dr_a$ wie $r_c + dr_c$ und $r_c - dr_c$. Ein solcher Ausgleich kann eine Wolke betreffen, welche nach Palmieri in einzelnen Schichten mit ungleicher Elektrizität geladen ist. Luft aus ungleich erwärmten Lagen bestehend, was bei Gewittern wohl immer der Fall sein dürfte, kann die Schallstärke modificiren. Letzterer Umstand wird vornehmlich mitwirken, wenn an den einschlagenden Blitz rollender Donner sich anschliesst, während in anderen Fällen ungleiche Entfernung und Grösse der Entladungsflächen massgebend ist.

85. Ueber die Frage, ob es Blitze ohne Donner gebe, kann eine principielle Entscheidung bloss insofern gegeben werden, dass bis dahin keine, dem wirklichen Blitze vergleichbare, elektrische Entladung bekannt, welche geräuschlos verlief; diejenigen also, welche letzteres sein sollten, entweder äusserst schwach oder sehr entfernt sein müssen. Darüber gesammelte Erfahrungsthatsachen sind vor Irrungen vollkommen umso weniger sicher, als, besonders unter ungünstigen Umständen, der Donner nicht sonderlich weit hörbar ist. Herr W. Haidinger erzählt aus Wien, es sei dort am 22. Juni 1845,¹⁾ einem schwülen fast windstillen Tage, bei dunstig überzogenem Himmel um 8 $\frac{1}{2}$ Uhr Wetterleuchten aufgetreten in NW., W., SW.; später auch im Zenith und östlich. Die häufigste Entladung erfolgte in W. zwischen einer 40⁰ hochstehenden Haufen- und einer darüberliegenden Schichtwolke, so dass die meisten Blitze von unten nach oben fuhren, und zwar divergirend, von unregelmässiger Zickzackform, gekrümmt, schraubenförmig, gabelig, in Knotenpunkten umkehrend, auffällig langsam. Auch Flächenbe-

¹⁾ An. d. Phys. (142) 1845. LXVI, 529—543

leuchtungen ohne bestimmte Blitzspur kamen vor. Alles aber verlief in lautloser Stille. Nur einmal wurde ein schwacher Donner gehört; oder von anderen Beobachtern dreimal. Auch Regen und Wind fehlte. Erst gegen 10 Uhr erhob sich Sturm, der die ganze Nacht aus NW. forttochte. Nordwestlich von Wien in Klosterneuburg war am nämlichen Abend ein starkes Gewitter mit Regen und Hagel niedergegangen. Blitze ohne Donner erwähnt Arago¹⁾ von den Antillen, aus Brasilien, Ostindien. Deluc beobachtete einen Fall zu Genf am 1. August 1791 nach Sonnenuntergang, wo glänzende Blitze gesehen, aber keine Donnerschläge gehört wurden. Nur Einer, allerdings starker, ward von Gussregen gefolgt. Medicinalrath Dr. Ayrer in Harburg und Dr. v. Reichenbach²⁾ geben ähnliche Nachrichten. Letzterer sah einmal geräuschloses Aufleuchten zwischen zwei Wolken; dagegen Ende Juni 1837 einen donnerfreien Zickzackblitz zugleich mit Graf und Gräfin Salm. Ersterer beobachtete mehrere echte Blitze, welche ohne Geräusch einer hochgethürmten, unter allmählicher Verkleinerung von NW. nach W. ziehenden Haufenwolke entfuhen. Bravais³⁾ erlebte zu Lyon in der Nacht vom 24—25. Juni 1844, 2^h 40 Minuten a. m., ein Gewitter mit diffusen, stark leuchtenden Blitzen, dreimal in der Stadt einschlagend, bei SW.-Sturm mit nussgrossen Schlossen und Platzregen, ohne jeglichen Donner. Nach anderweitigen meteorologischen Zusätzen und Erläuterungen folgt ein Bericht des Herrn A. Schroetter, welcher im Freien bei Penzing südwestlich von Wien „das so überaus merkwürdige donnerlose Gewitter vom 22. Juni“ beobachtete, welches gegen

¹⁾ Annuaire du bureau des longitudes pour l'an 1838.

²⁾ An. d. Phys. (119) 1838. XLIII, 531—532. — (Baumgartner, Zeitschr. f. Physik. X, 74.) — (124) 1839. XLVIII, 375—378.

³⁾ Comptes rendus. 1844. XIX, 240.

10¹/₂^h p. m. die höchste Intensität erreichte. Zu gleicher Zeit reichten 5—6 Blitzstrahlen oft vom Zenith bis zum Horizont, theilweise gespalten; dazwischen war in den Wolken fortwährend rothes Wetterleuchten. Das Getöse heulenden Windes und krachender Bäume war allerdings stark genug, um schwächeren Donner zu übertäuben, aber „Jedermann erwartete unwillkürlich nach den so überaus heftigen elektrischen Entladungen einen so betäubenden Donner, dass dagegen das wirklich vorhandene Getöse hätte verschwinden müssen; da nun dieser ausblieb, so war der unerwartete Contrast so stark, dass jedes anderweitige Geräusch für den Beobachter gleichsam nicht vorhanden war“.(?) Von tropischen Stürmen wird freilich berichtet, dass der Donner der grellsten Blitze vom Lärme der irdischen Zerstörungen verdeckt werde; deshalb liessen wir einen Zeugen Herrn Haidinger's diesen Punkt ausdrücklich berühren, und schliessen mit der Frage des Letzteren: „War die Höhe der Schicht, zwischen deren oberer und unterer Fläche die elektrische Spannung in bedeutend dünnerer Luft sich ausglich, zu gross, als dass man den Donner gehört hätte?“ Herr J. Schneider berichtet aus Düsseldorf vom 6. Juli 1861, 9^h p. m.,¹⁾ von einer in W. bis 50° heraufziehenden Gewitterwolke, in welcher Aufleuchten ohne Donner bemerkt wurde. Aber auch ein deutlicher Zickzackblitz ward erkenntlich, ohne dass der leiseste Donner nachgefolgt wäre, was sich mehrmals wiederholte. Nur zweimal hörte man schwaches entfernt klingendes Donnern, wie in luftverdünntem Raume entstanden; wie denn auch die Blitze, oberhalb der Wolke gesehen, wohl in grosser Höhe entstanden. Aehnliches fand statt bei zwei Gewittern im August und September. Ich selbst beobachtete in der Nacht vom 25.—26. Juli 1869,²⁾ als ich nach Beendigung

¹⁾ An. d. Phys. (190) 1861. CXIV, 333—335.

²⁾ An. d. Phys. (214) 1869. CXXXVIII, 496; (124) 1839. XLVIII, 378.

der Arbeit ans offene Fenster trat, aus dichten W→E. am nördlichen Himmel hinziehenden Wolken Blitze, welche, obwohl ohne deutliche Zickzack- oder Schlangenform, keineswegs als blosses Wetterleuchten gelten konnten. Auch das leiseste Geräusch hätte ich in der stillen Nacht vernehmen müssen; es war aber keiner der sechs von mir zwischen $12\frac{1}{4}$ und $12\frac{3}{4}$ Uhr gesehenen Blitze vom geringsten Donner begleitet; auch nicht der stärkste, der um $12^h 30$ Minuten p. m. aufleuchtete und mein über 6 m tiefes Zimmer bis in den Hintergrund erhellte. Herr Budde zu Rheydt¹⁾ sah im August 1868 rothviolette Zickzackblitze ohne Donner.

86. Während nach vorstehenden Mittheilungen donnerlose Blitze nicht zu den Seltenheiten zählen, sind Donner ohne Blitze nicht oft aufgezeichnet. Arago²⁾ bedauert, für Europa sich desfalls fast auf Seneca's³⁾ Angabe beschränkt zu sehen, dass es zuweilen donnere ohne entsprechenden Blitz. Thibauld de Chavalon schreibt im meteorologischen Tagebuch von Martinique im October 1851: „Unter acht Tagen, dass es in diesem Monat donnert, giebt es zwei ohne Blitze.“ Im November: „Gewitter (Tonnerre) an einem einzigen Tage; drei etwas starke Schläge, aber ohne Blitze.“ James Bruce hörte zu Cosseir am Rothen Meere, wo er sich in einer kleinen Barke einschiffte, einen furchtbaren Donnerschlag, der unter den Matrosen Entsetzen verbreitete, ohne dass ein Blitz vorangegangen wäre. D'Abadie soll in Abessinien längere Zeit dumpfgrollenden Donner ohne Blitz wahrgenommen haben. Vielleicht war in diesen Fällen die untere Wolkendecke, oberhalb deren die Blitze überschlugen, so dicht, dass sie das Licht, zumal am Tage, verdeckte, ohne den Schall aufhalten zu können.

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XVIII, 431.

²⁾ Annuaire pour 1838.

³⁾ Quaest. nat. lib. II, § 18.

7. Verbreitung und Bedeutung der Gewitter.

87. Weder eine Tages- noch Jahreszeit ist absolut vor Gewittern geschützt; doch sind sie bei Tage und im Sommer häufiger. Auch keine Zone ist ganz von ihnen frei; indess überwiegen sie an Zahl wie Heftigkeit in der heissen. In letzterer Beziehung scheinen dieselben mit Menge und Höhe des Regens im Zusammenhang zu stehen; denn während im regenreichen Hoch-Abessynien d'Abadie 411 jährliche Gewitter zählt, sind sie im trockenen Aegypten selten und fehlen in Unter-Peru gänzlich. Auf Java kommen durchschnittlich 159 Gewitter im Jahre vor, zu Calcutta 60, bei Rio Janeiro 51; dagegen hat London 8—9 solche, Stockholm 9, Bamberg 13·2 und Cairo nur 3—4 jährlich. Oestlich von Spitzbergen wurde binnen sechs Jahren bloß Einmal Donner gehört. Die oben erwähnte Beziehung auf wässerige Ausscheidung stimmt zur Erfahrung, dass bei Calcutta mindestens $\frac{3}{4}$ aller Gewitter in die Herrschaft des regenreichen SW.-Monsuns fallen, dass Deutschland vorwiegend Sommergewitter, die norwegische Küste aber, welche auch in der rauhen Jahreszeit der Golfstrom warm und feucht erhält, besonders Wintergewitter kennt, und dass Gebirge, in denen unter dem aufsteigenden Luftstrom Wolken, Nebel, Regen befördert werden, meist gewitterreich sind. Ja sie sind vielleicht die einzigen Orte, wo elektrische Spannungen energisch genug entwickelt werden, dass wirklich autochthone Entstehung echter Localgewitter ermöglicht wird. In der heissen Zone findet dies wahrscheinlich immer statt; in den Ebenen der gemässigten aber sind die meteorischen Verhältnisse selten so günstig gelagert, dass selbständige und beschränkte Gewitterbildung eintritt. Die Gewitter sind hier gewöhnlich nicht rein örtliche Erscheinungen, sondern verdanken ihre Erzeugung, aber auch ihre Ver-

breitung weitgreifenden Störungen im atmosphärischen Gleichgewichte, welche in Form der Wirbelstürme oft ausgedehnte Strecken durchwandern. Doch fehlt es auch an räumlich wie zeitlich eng localisirten Phänomenen nicht ganz. Diese allgemeinen Erläuterungen sollen jetzt durch besondere Berichte und Studien ergänzt werden, welche für die Witterungskunde um so fruchtbarer sind, je mehr sie mit weitem Blicke ein grosses Gebiet umfassen und von jener streng systematischen Methode getragen sind, welche unter Anderem seit ungefähr einem Vierteljahrhundert in Frankreich vorgeschrieben und befolgt ist. Im Telegraphengebiete des Deutschen Reiches werden seit 1882 regelmässige Gewitterbeobachtungen angestellt.¹⁾ In diesem Jahre kamen 2684, im folgenden 2064 Gewitter zum Ausbruch, wobei in jenem Januar, Februar, März, December, in diesem bloss Januar und Februar von Gewittern frei waren. Ueber die Windrichtungen, bei denen in den einzelnen Monaten Gewitter auftraten, ihre Gesammtanzahl, wie diejenige der Tage, an denen sie, natürlich oft gleichzeitig, verschiedene Orte betrafen, giebt folgende Tabelle Aufschluss. SW. ist Hauptgewitterherd.

	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Zahl d. Tage	Sum.
April . .	2	6	0	1	7	29	12	6	10	63
Mai . .	30	41	49 (!)	94 (!)	153	321 (!)	165	91	19	944 (!)
Juni . .	18	26	11	18	40	166	105	50	28	434
Juli . .	34	40	44	60	88	226 (!)	169	78	25	739 (!)
August .	9	15	17	45	35	112	68	31	23	332
September	1	9	10	12	23	38	20	9	13	122
October .	0	4	2	1	4	16	8	6	7	41
November	0	0	0	0	1	6	1	1	4	9
1882	94	141	133	231	351	914	548	272	129	2684

¹⁾ Elektrotechn. Zeitschr. Berlin 1884, März, 115. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1884. XIX, 429—430.

	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Zahl d. Tage	Sum.
März . .	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2
April . .	0	2	1	5	1	0	0	0	4	9
Mai. . .	12	11	18	38	53	79	72	23	21	306
Juni . .	13	36	26	71	59	176	85	41	30	507
Juli. . .	25	37	39	47	88	272	183	97	21	788
August .	7	14	8	10	22	108	77	36	22	282
September	2	5	4	10	11	41	24	6	14	103
October .	3	2	1	0	1	16	21	13	6	57
November	1	0	0	0	0	3	3	2	4	9
December	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
1883	64	107	97	181	235	695	466	219	124	2064

Die Gewitterhäufigkeit erreicht zur heissesten Jahreszeit ihr Maximum; denn die monatlichen Durchschnittszahlen aus beiden Jahren sind: Januar 0, Februar 0, März 2, April 36, Mai 625, Juni 471, **Juli 764**, August 307, September 213, October 49, November 9, December 0 (Mai 1882 ist sicher anomal).

Ordnung der Windrichtungen nach der Gewitterhäufigkeit: SW., W., S., NW., SE., NE., E., N.; Maximum 804, Minimum 79. Die übrigen Witterungsfactoren können bei Gewittern höchst verschiedentlich combinirt sein. Niederer Luftdruck ist keineswegs wesentlich; vielmehr waren in diesen beiden Zahlen (ob allgemein?) die meisten (wenn auch kaum stärksten) Gewitter beim Barometerstand von 750—760 *mm*. Nach Tageszeiten sind die Gewitter so vertheilt:

	12-3	3-6	6-9	9-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-12 ^h
April. . .	0	0	0	1	6	6	14	9	7	4	10	4	2	0
Mai . . .	8	2	10	56	52	79	140	120	116	118	97	81	46	19
Juni . . .	10	6	49	43	21	28	27	61	60	56	35	19	11	8
Juli . . .	15	13	36	80	56	48	77	85	87	68	66	50	31	32
August .	3	1	4	18	35	45	51	41	39	45	26	11	6	7
Septemb.	4	2	4	2	3	5	3	11	15	11	26	21	12	3
October .	4	2	0	2	1	2	0	4	5	2	8	4	1	6
Novemb.	0	0	1	2	0	0	1	0	1	3	0	0	1	0
1882	44	26	104	204	174	213	313	331	330	307	268	190	110	75

	12-3	3-6	6-9	9-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-12 ^h
März . .	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
April . .	0	0	0	0	0	0	1	4	1	3	0	0	0	0
Mai . . .	3	2	2	27	23	27	44	62	36	35	20	11	5	9
Juni . . .	0	3	5	52	41	60	52	71	65	63	40	26	17	12
Juli . . .	5	1	26	105	40	111	92	87	95	76	59	51	30	10
August .	3	7	45	18	9	21	25	28	32	29	31	17	10	7
Septemb.	2	0	1	3	1	3	12	16	12	19	16	12	4	2
October .	0	1	3	8	9	9	1	9	5	5	4	0	1	2
Novemb.	0	0	0	0	0	1	1	3	0	1	1	0	0	2
Decemb.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1883	13	14	82	214	123	232	228	280	248	231	171	117	67	44

88. Die tägliche Periode der mitteleuropäischen Gewitter verfolgte Herr G. Hellmann¹⁾ an vielen Beobachtungen in Bayern, Württemberg, Sachsen, Thüringen und bei Glatz. Neben dem absoluten Maximum nach Eintritt der höchsten Tageswärme liegt ein zweites, viel schwächeres, doch deutlich erkennbares in den ersten Stunden nach Mitternacht. Diese Thatsache fließt aus längst bekannten älteren Aufzeichnungen, wurde durch Herrn v. Bezold 1881—82 wieder hervorgehoben und von Herrn Sprung in das meteorologische System aufgenommen. Für Deutschland wenigstens dürfte dies nächtliche Secundärmaximum der Gewitterhäufigkeit zweifellos sein, wenn mehr die nördliche Hälfte ins Auge gefasst wird; vermuthlich weil hier die Wirbel- oder Wintergewitter häufiger vorkommen, als in Süddeutschland, wo die Gewitter des aufsteigenden Luftstromes überwiegen. Auch im Sommer fehlen einzelne Stürme nicht, welche zu Wien nach Hamberg gleichfalls mit Vorliebe nach Mitternacht ausbrechen. Eine wünschenswerthe Grenze zwischen Wirbel- und Wärme- oder Sonnengewittern dürfte freilich schwierig

¹⁾ Deutsche meteorologische Zeitschrift. December 1885. — „Natur“. Halle 1886. XXXV (XII), 70.

scharf zu ziehen sein, weil in beiden Fällen secundäre Depressionen des Luftdruckes sich zu bilden pflegen. Beide Gewitterarten scheinen mehr graduell als principiell abzuweichen; jedenfalls gehört aber zu den differentiellen Momenten, dass die Wirbelgewitter mehr in der kalten, die Wärmegewitter mehr in der heissen Tages- wie Jahreszeit auftreten. Mit dem Nachtmaximum der Wintergewitter und Wirbelstürme hängt zusammen, dass zur nämlichen Zeit auch Bewölkung (Wild in Helsingfors), Regenfall (Schlesische Beobachtungen) und Temperatur (Hellmann, 1875) in ihren Werthen zu steigen pflegen, um vor Sonnenaufgang wieder rückwärts zu schwanken.

89. Von Wintergewitter in unseren Gegenden wird besonders berichtet, eines am 21. Januar 1865 zu Bamberg und Nürnberg, dort von mir beobachtet, hier unvergesslich geworden, weil der Blitz in einen der Thürme der berühmten Lorenzikirche zündend schlug. Im ersteren Fall brach der auch Hagel bringende Sturm mit SW. von der hier seltenen Stärke 7 bei dem Tagesmittel des Luftdruckes 733.5 mm , der Temperatur $+5.0^{\circ}\text{C.}$, rel. Feuchtigkeit 77.9 Procent, aus. Im Januar 1875 kamen ferner zwei Gewitter¹⁾ vor, am 17. und 21. Jenes war sehr verbreitet und überall mit Hagelsturm begleitet. In Kaiserslautern begann es nach Herrn van Bebbber gegen Mittag bei zunehmendem Luftdruck, Winddrehung aus SW. nach NW. und Temperaturherabgang von 7.8 auf 2.8°C. Die Höhe des aus dem Hagel geschmolzenen Niederschlages gab 4.8 mm ; in Mundenheim bei Mannheim erreichten die Hagelkörner Taubeneigrösse. Zu Hessheim schleuderte der Sturm ein mehrere Centner schweres Ziegeldach weg, brach und entwurzelte Baumstämme. In Vaihingen war der Boden 4 cm hoch

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1875. X, 58—59.

mit Eis bedeckt. Aus Backnang, Cannstatt, Geislingen, Scharndorf in Württemberg werden grelle Blitze mit schwerem Donner berichtet. Am nächsten Tage dauerten heftige SW.-Stürme an und wütheten bei hoher Temperatur bis zum 22., an welchem Datum 1^h — 1^h 30 Min. p. m. ein Gewitter ausbrach bei Hebung des vorher tief gesunkenen Luftdrucks und bedeutender Temperaturerniedrigung wohl vornehmlich durch den starken Hagel. Aus demselben erhielt man in Kaiserslautern 6 mm Wasser Höhe. Auf einem benachbarten Bauernhof wurde eine 20 m lange, 60 cm dicke Tanne umgebrochen und über eine 2¹/₂ m hohe Mauer geschleudert, unter Wegführung meter-langer Splitter auf 80 m Entfernung. In Mannheim wurden Dächer und Kamine beschädigt. An demselben Tage wie in der vorangegangenen Nacht hatte auch Schweinfurt heftige Gewitter.

Aus Bregenz wird von Herrn v. Seyffertitz ein starkes Wintergewitter¹⁾ gemeldet, das am 20. November 12^h 30 Minuten p. m. nach vormittägigem regnerischen steifen NW. vom Bodensee herzog. Schwere dunkelgraue Wolken unterdrückten fast ganz die Tageshelle. Der Wind stieg bis zur Stärke 5 und brachte dichtes Schneegestöber. Ein blendender Blitzstrahl mit einfachem Donnerknall schlug gleichzeitig in drei Häuser, welche am Seeufer und längs des Bahndammes durch Gärten getrennt lagen, nicht zündend, aber Dachziegel beschädigend, eine halbe Stunde später ein gleichfalls nicht zündender Blitz, 23 km von Bregenz entfernt, in die Kirche zu Röthenbach im Allgäu. Der Bregenzerwald zwischen Mellau und Au wurde am 5. December von einem heftigen Gewitter befallen, während anderwärts um 2^h p. m. der S.-Wind zu stürmischem NW. drehte, welcher dicke Wolken und dichtes Schneegestöber beiführte, durch welche die Luft zwei

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XVIII, 41—42

Stunden lang verfinstert wurde, blos von dunkelrothen Blitzen momentan durchleuchtet, wobei der Donner fast ununterbrochen rollte. Wenige Tage darnach trat mit ungewöhnlicher Raschheit Föhn auf, die Temperatur binnen 20 Minuten von -3.0° auf $+7.0^{\circ}$ C. steigernd.

90. In Schottland machte Herr A. Buchan Studien über die tägliche wie jahreszeitliche Periode der Gewitter.¹⁾ Die auch die Jahresepoche berücksichtigende Arbeit basirt auf 23jährigen Beobachtungen in Sandwick, Aberdeen und East-Linton, 20jährigen zu Cargen, 12jährigen auf 61 schottischen Leuchtthürmen, in Vergleichung mit 14jährigen zu Stykkisholm auf Island. Donner wurde gehört an 135 Stunden zu Sandwick, 227 in Aberdeen, 230 East-Linton; an 282 Stunden zu Cargen, nur in 23 zu Stykkisholm, und zwar fast nur im Winter, an der östlichen Küste blos im Sommer, während N.- und W.-Küste eine Mittelstellung einnehmen. Auf die einzelnen Monate fallen binnen 23 Jahren an der Ostseite Schottlands aus 739 Fällen: Januar 1.1, Februar 1.1, März 0.7, April 6.5, Mai 13.4, Juni 17.5, Juli 27.5, August 15.8, September 8.6, October 4.5, November 0.4, December 2.9 Procent. An der E.-Küste in 12 Jahren unter 538 Fällen: Januar 0.4, Februar 0, März 0.2, April 9.3, Mai 6.1, Juni 16.3, Juli 35.0, August 17.8, September 11.7, October 2.2, November 0.4, December 0.6 Procent. An der W.-Küste in 12 Jahren unter 685 Fällen: Januar 12.5, Februar 3.2, März 3.0, April 3.2, Mai 3.8, Juni 23.5, Juli 15.8, August 13.2, September 4.5, October 11.7, November 1.7, December 3.9 Procent. Auf Sandwick und Orkney in 23 Jahren und 153 Beobachtungen: Januar 9.8, Februar 9.8, März 2.0, April 2.0,

¹⁾ Scott, Meteor. Soc. V. 1880. LX—LXIII. — Nature. XXII, 594. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1880. XV, 493—495. — Fortschr. d. Phys. 1883. XXXVI, 343—346.

Mai 3·3, Juni 15·7, Juli 22·9, August 16·4, September 5·2, October 5·9, November 3·3, December 4·0 Procent. An der SW.-Küste in 12 Jahren und 682 Fällen: Januar 10·4, Februar 3·2, März 1·4, April 3·4, Mai 7·8, Juni 19·5, Juli 14·2, August 20·7, September 6·6, October 5·6, November 3·0, December 4·3 Procent. In den 5 Reihen ist der Juli 4mal, der August 1mal weitaus bevorzugt als Gewittermonat. Dagegen kommen auf Island in 14 Jahren von 23 Gewittern 9 auf den Winter (7 im December), 6 auf den Frühling, 0 in den Sommer, 8 in den Herbst. Für die Tagesperiode erscheint bemerkenswerth nicht bloß die Zahl derselben auf die einzelnen Stunden fallend, sondern auch die Vertheilung auf die Himmelsgegenden:

	1—2 ^h a.	3—4	5—6	7—8	9—10	11—12	1—2 ^h p. m.
E.-Seite . .	56	45	48	35	34	93	144
N.- u. W.-Seite	76	54	41	34	41	60	92
Unterschied	+20	+9	-7	-1	+7	-33	-52

	3—4	5—6	7—8	9—10	11—12 ^h p. m.	Summe
E.-Seite . .	164	142	94	84	61	1277
N.- u. W.-Seite	127	128	134	122	91	1520
Differenz .	-37	-14	+40	+38	+30; Min. 6—10 ^h a. m., Max. 3—6 ^h p. m.	

An der Ostküste wird von December bis Februar bloß an 5 Stunden Donner verzeichnet, an der NW.-Küste an 135, an der SW.-Küste an 122 Stunden. Die Wintergewitter haben das Häufigkeitsmaximum zwischen 9^h p. und 3^h a. m., das Minimum um Tagesmitte; von jenen sind 135, von Tagesgewittern 103 verzeichnet. In Stykkisholm fallen von 23 Stunden mit Donner 3 auf den Tag, 20 in die Nacht. Für die Entstehung der Gewitter macht Herr Buchan vornehmlich den atmosphärischen Wasserdampf verantwortlich, unentschieden lassend, ob dessen Condensation oder Luftreibung das Hauptmoment bilde.

91. Für die topographische Verbreitung der Gewitter sind folgende Arbeiten von besonderer Wichtigkeit. Herr v. Bezold betrachtet den Gewittergang in Bayern und Württemberg mit einleitendem Hinweis auf des Geh. Oberpostrath Ludewig's „Notizen aus der elektrischen Conferenz in Paris“,¹⁾ welche unter Anderem Angaben enthalten über die an deutschen Telegraphenanstalten beobachteten Gewitter. Seit dem Sommer 1879 liefen auf ausgeschriebene Einladung aus 279 Orten in Bayern (aus Bamberg durch mich 1879—1883) regelmässig expedirte und vorschriftsmässig stilisirte Gewittermittheilungen an der Centralstation in München ein.²⁾ Aehnliche Einrichtungen wurden 1880 in Württemberg getroffen und deren Ergebnisse zu gemeinsamer Bearbeitung nach München geliefert. So erhielt letztere Stadt 1880 aus Bayern direct 5741, aus Württemberg secundär 303 Meldungen, 1881 beziehentlich 6630, 1174; aus 1882: 4162, 893. Die Mittheilungen gelangen zu kartographischer Verarbeitung, indem für jeden Tag mit Gewitter oder Wetterleuchten eine Karte gezeichnet wird, worauf man sieht, wo und wann der erste Donner gehört wurde. Hierin übereinstimmende Orte werden durch die Curven der Isobronten vereinigt und daraus die durch Pfeile ausgedrückten Zugrichtungen der Gewitter festgestellt. In Frankreich und Norwegen wurde früher in dieser Hinsicht der mittlere Zeitpunkt zwischen erstem und letztem Donner verwendet, was weniger sicher scheint. Nach strengster Methode dargestellte Isobaren dienen zu richtiger Vergleichung und Charakteristik der wesentlichen meteorischen Vorgänge. Aus solchen Studien sind vornehmlich sechs allgemeine

¹⁾ Elektrotechn. Zeitschr. December 1882.

²⁾ Elektrotechn. Zeitschr. März 1883. — Z. d. öst. Gesell. f. Meteorologie 1883. XVII, 200—206.

Folgerungen hergeleitet. 1. Mit Ausnahme der in gemässiger Zone seltenen Fälle, wo die Gewitter Theilerscheinungen grosser weit verbreiteter Cyklonen sind, entstehen jene meist unter folgenden Wettererscheinungen: ruhige Luft, localbeträchtliche Wärmeunterschiede, örtliche Depressionen des Luftdruckes als Theile grosser Depressionsgebiete, welche zu flach sind, um bemerkbare Winde zu veranlassen. Die Gewitter schreiten von W. nach E. fort, wenn die kleinen Depressionen Ausläufer einer grossen nördlich gelegen sind, dagegen von E. nach W., wenn das Depressionscentrum in S. liegt. Wegen des überwiegenden Einflusses der nördlichen maritimen Depressionen auf Süddeutschland ist hier der zweite Fall seltener. Doch erstreckt manchmal längere Zeit hindurch der südliche Einfluss über die Alpen sich bis zur Donau, ja Main. Dies geschah ungewöhnlich oft 1880, welches Jahr besonders reich war an Gewittern aus E. Sehr beschränkte, aber tief ausgeprägte Theildpressionen werden zuweilen von Gewitterstürmen im Sinne des Buys-Ballot'schen Gesetzes umkreist. Am stärksten treten meist die Gewitter an dem sattelförmigen Uebergangsgebiet zwischen zwei Depressionsgegenden auf. 2. Zwischen den Linien der ersten und letzten Hörbarkeit von Donner finden gleichzeitige elektrische Entladungen statt. Das von jenen begrenzte länglich-schmale Band steht auf der Fortpflanzungsrichtung des Gewitters rechtwinkelig; sie ziehen meist mit breiter Front und geringer Tiefe durchs Land. Vom Thüringerwald bis zu den Alpen (über 300 *km*) kommen oft gleichzeitig elektrische Entladungen vor, während die Tiefe des Gewittergürtels nur 40—80 *km* betrug. 3. Einzelne Gegenden verdienen den Namen Gewitterherde, so zwischen den Alpen und südbayerischen Seen, darunter besonders Starnberger, Ammer, Chiem-See; der Westabhang des Böhmerwaldes, die Gegend

zwischen Rhein und Schwarzwald; dann beschränktere Gebiete mit grosser Erwärmungsfähigkeit und viel Wasserdampf. 4. Meist erscheinen die elektrischen Entladungen auf langen Linien so gleichzeitig, dass die vom ersten Blitze angedeutete Störung des elektrischen Gleichgewichts der Luft sich von Wolke zu Wolke durch Influenz mitzutheilen scheint. 5. Durch Aufzeichnung des Wetterleuchtens wurde constatirt, dass dieses als Widerschein ferne Blitze auf 240—270 *km* verbreiten kann. Auf den Höhenzügen nördlich der Donau sind als Wetterleuchten Blitze wahrnehmbar, deren erzeugendes Gewitter in der venetianischen Hochebene vorgeht. Am weitesten sichtbar sind die ersten Blitze, weil die Gipfel der Haufenwolken selbst leuchten, während später die meist sich überlagernde Cirrostratusdecke wie der Regenschleier die Lichtverbreitung allmählich stark beeinträchtigen können. 6. Dem täglichen Verlaufe nach fällt ein Maximum der Gewitterhäufigkeit auf die Nachmittagsstunden ein secundäres auf die frühe Morgenzeit. Eine Tabelle darüber wurde so dargestellt, dass von drei aufeinanderfolgenden Werthen dem mittleren die doppelte Bedeutung beigelegt wurde nach der Formel $(a + 2b + c)/4$, worin *a*, *b*, *c* die für drei aufeinanderfolgende Stunden erhaltenen Summen der Meldungen über ersten Donner bedeuten. Durch diese, kleine Zufälligkeiten beseitigende Methode wurde erhalten:

Erster Donner	Bayern				Württemberg	
	1879	1880	1881	1882	1881	1882
12—1 ^h a. m.	76.5	37.2	106.8	64.2	41.8	10.2
1—2 "	84.8	43.8	107.0	44.8	39.5	9.5
2—3 "	84.8	42.0	111.5	47.2	32.3	10.2
3—4 "	58.8	33.3	94.5	48.8	25.8	9.5
4—5 "	29.0	25.8	74.3	43.0	25.3	7.8
5—6 "	18.3	20.2	65.8	36.8	26.0	7.0
6—7 "	17.8	19.1	61.3	32.2	21.5	7.5

Erster Donner		Bayern				Württemberg	
		1879	1880	1881	1882	1881	1882
7—8 ^h a. m.		23·8	23·7	58·8	31·8	16·0	8·2
8—9	"	42·0	26·8	57·3	35·0	15·0	10·0
9—10	"	77·8	32·3	96·5	50·5	22·0	12·8
10—11	"	123·5	73·2	187·0	83·8	35·0	15·8
11—12	"	150·3	162·0	277·5	119·2	43·0	22·0
12—1 ^h p. m.		173·0	293·3	367·5	164·2	47·5	38·8
1—2	"	239·3	451·5	466·3	243·8	63·0	61·5
2—3	"	317·5	554·0	550·5	346·2	80·0	82·2
3—4	"	346·0	589·3	583·8	421·8	76·0	96·5
4—5	"	322·3	583·8	526·8	452·2	63·8	100·2
5—6	"	287·0	493·5	435·5	441·2	63·3	89·5
6—7	"	261·8	376·0	394·8	378·5	69·5	69·0
7—8	"	243·3	289·0	398·8	300·2	75·8	59·8
8—9	"	223·8	193·5	372·5	227·2	74·8	58·5
9—10	"	177·0	87·2	282·5	159·0	62·5	43·5
10—11	"	113·3	47·0	190·0	123·0	47·0	23·5
11—12	"	79·0	35·8	133·3	99·3	40·8	13·8

Dass in Württemberg die Maxima stets etwa eine Stunde früher fallen, ist nicht rein zufällig, sondern nach anderen Beobachtungen, zumal in Rheinpfalz, dahin zu deuten, dass die mittlere Tagesperiode der Gewitterhäufigkeit von der örtlichen Lage gegen die Gewitterherde abhängt.

92. Ueber Gewitter in Italien stehen vornehmlich zur Verfügung: Schiaparelli e Frisiani: Sui temporali osservati nell Italia superiore durante l'anno 1877,¹⁾ Schiaparelli, Pini, Frisiani, Gewitter in Oberitalien im Jahre 1878,²⁾ C. Lang in München, Gewitterstudien in Italien.³⁾ Wie es scheint, regelmässig weitergeführt,

¹⁾ Milano 1880. U. Hoepli, Publ. del R. Oss. di Breva. XVI, 1880, 1—90. — Fortschr. d. Phys. 1883. XXXVI, 346. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1881. XVI, 358.

²⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 153.

³⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1884. XIX, 353—372.

erhält man eine zeitlich wie local systematisirte Gewitterkunde.

Aus 134 Stationen wurden Postkarten von bestimmter Form über Gewittervorkommnisse eingeliefert und aus deren kritischer Zusammenstellung folgende Regeln entnommen: Die Dauer der Gewitter war meistens 1—3, ausnahmsweise 8 Stunden. Am zahlreichsten waren dieselben zwischen 4 und 8^h p. m., am seltensten zwischen 8—11^h und 1—4^h a. m. Wind wie Wolkenzug kamen bei Gewittern gewöhnlich aus W. und NW., und zwar anfangs mit zunehmender, gegen Ende abnehmender Stärke. In der Regel waren die Gewitter mit Regen begleitet, seltener von Hagel. Doch kamen auch mehrere trockene Gewitter vor. Die Höhe der Gewitterwolken wurde zwischen 1246 und 3045 m geschätzt nach der etwas unsicheren Methode der von Blitz zu Donner verschwindenden Zeit. Hagelbringende Wolken schwebten verhältnissmässig am höchsten. Der allgemeine Gewitterzug war W.—E. mit mehreren Ausnahmen. Für die Luftdruckvertheilung während der Gewitterperiode waren vier Typen erkenntlich. Vom „atlantischen“ liegt das Maximum an den französischen und englischen Küsten mit gegen Italien abfallenden Gradienten. Die nördlich von den Alpen gestaute Luft gelangt hier zu hohem Drucke, südwärts zu einer gewissen Leere, so dass sie nach einiger Zeit heftig in die Po-Ebene hinabstürzt. Diese Form bringt die meisten Gewitter, besonders wenn die Isobaren nicht parallel der italienischen Küste, sondern quer über die Halbinsel laufen, so dass SE.- und NW.-Winde herrschen. Der „afrikanische“ Typus besitzt das Maximum des Barometerstandes in Nordafrika zwischen Gibraltar und Tunis, mit den Parallelkreisen gehende Isobaren, warmen SW., dessen alpine Abkühlung hauptsächlich das Gewitter veranlasst. Der „heimische“ Typus ist ausgezeichnet durch hohen

Luftdruck mit dem Maximum in Oberitalien, weit auseinanderstehende Isobaren, heitere warme Tage. Ist dagegen das Wetter heiter bei mässiger Temperatur, gleichmässigem Luftdruck und gegen Frankreich und Spanien langsam fallenden Isobaren, so kommt es nicht zu Gewittern. Die Voraussage der Gewitter steht immerhin noch unsicher. Die nach Millimetern vorschreitenden Isobaren wurden von 100 Beobachtungsstationen für 123 Tage zusammengestellt und an 43 Tagen kartographisch veröffentlicht. Durch das ganze Beobachtungsnetz stellen den Zug der Gewitter nach Tagen wie Stationen vier Tafeln dar. Von Januar 1880 ging der mühsame und wichtige Beobachtungsdienst für Gewitter ans Ufficio centrale di Meteorologia in Rom über. Der dritte¹⁾ Bericht für 1878 ist von 296 italienischen, 20 schweizerischen und österreichischen Stationen geliefert; die Chronik der Gewitter bearbeitete Frisiani, das Theoretische Pini und Schiaparelli. Die Wintergewitter variiren in den einzelnen Bezirken von 5 bis 238 pro Mille mit dem Maximum in Valdamo (abs.: 40), Minimum: 0 bei Trient. Luftdruckmaximum über den Azoren geht den Gewitterzeiten in Italien voraus, aber zu kurz, als dass rechtzeitige Prognose möglich wäre; in der Hälfte der Fälle gleichzeitig, in 3 unter 10 im Intervall von zwei Tagen. In 0.2 Procent herrscht bei Gewittern in Italien tiefer Barometerstand auf den Azoren. Die allgemeinen Luftdrucktypen von 1877 wurden bestätigt. Neu ist, dass ausnahmsweise während italienischer Gewitterzeit hoher Luftdruck in Norddeutschland besteht, während eine südliche Anticyklone die Gewitter verhindert. Die gefährlichste Zeit ist, wenn die Isobaren Oberitalien gleichsam in einen Trichter schliessen, wo alle meteorischen

¹⁾ Nr. II im Vorstehenden. Nr. I veröffentlicht von Frisiani in *Meteorologia Italiana*, Supl. 1877.

Elemente eines thermohydroelektrischen Apparates versammelt sind. Die Situation ist für Gewitter höchst günstig, wenn hoher Luftdruck gleichzeitig NW.-Europa, oft noch Russland, die afrikanische und asiatische Küste deckt; dagegen nicht, wenn ausgedehnte Depressionen in E. und SE. den freien Durchzug der atlantischen Winde fördern. Die Pyrenäen hindern letzteren weniger als die Alpen, nicht bloß wegen geringerer Erstreckung, sondern auch wegen der schwächeren Abweichung vom Parallel. Als Calmengewitter werden diejenigen bezeichnet, bei denen die Isobaren sehr weit auseinanderstehen. In weiterer Verfolgung dieser Untersuchungen bringt Herr C. Ferrari¹⁾ eine vorläufige Mittheilung über die Beziehungen der Gewitter zu Temperatur und Feuchtigkeit, von denen jene erhöht, diese herabgesetzt vor dem Gewitter erscheint, während nach demselben erhöhter Luftdruck, vermehrte Feuchtigkeit, abnehmende Wärme eintritt. Die Niederschlagsmengen sind um den Gewitterherd elliptisch vertheilt, so dass die grosse Ellipsenachse mit der Richtung des Gewitters parallel läuft. Auch die herrschende Windrichtung fällt mit letzterer zusammen. Derselbe Forscher bringt umfangreiche Gewitterstudien für 1880 und 1881.²⁾ Das Material ist jetzt über ganz Italien verbreitet, so dass 10.845 Einzelmeldungen verarbeitet wurden in drei Abtheilungen: *Dati desunti dalle cartoline d'osservazione*, *Parte statica*, *Parte dinamica*. Zur Grundlage dienen fünf Tabellen. 1. Einfache Zählung der an jedem Tage aus jeglicher Provinz eingelaufenen Parten. 2. Anzahl derselben nach Monaten und Provinzen. 3. Menge der vom Hagel be-

¹⁾ Sulla dinamica dei temporali. R. acad. dei Lincei VIII (3).

²⁾ Oss. dei temporali etc. Estratto dagli An. di meteorologia v. V. I. 1883. Roma 1885. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 157, 522—528. — 1884. XIX, 353—372.

gleiteten Gewitter. 4. Zeitlicher Verlauf der Gewitterhäufigkeit nach Tagen. 5. Desgleichen mit Hagel. Im vorigen Jahr kam hierzu noch Temperatur- und Luftdruckverlauf. Aus weiteren tabellarischen Zusammenstellungen folgt unter Anderem ein Doppelmaximum der Gewitterhäufigkeit, um so weiter auseinander liegend, je weiter gegen S., in Sicilien schon auf April und October fallend, während nördlich von den Alpen noch in Bayern das einfache Maximum im Juni oder Juli liegt. Die geographische Vertheilung leidet darunter, dass Po und Apenninen die politische Einteilung durchkreuzen. Besser wäre ohne Rücksicht auf letztere das Land zu theilen in Flächen von je 10 Quadratmyriametern. Ferrari's Ausspruch: „Da osservazioni di temporali, che non offrono mai continuità ed uniformità gli studi statistici non conducono quasi a conclusione alcuna“ kann nur bedingt anerkannt werden. Von 1880 auf 1881 soll die Gewitterhäufigkeit zurückgegangen sein, was dem Verhalten nordwärts von den Alpen entgegentläuft. Für die dynamische, grossentheils kartographische Verarbeitung sind 9038 Meldungen benützt. Bestätigt wird, dass auf der Vorderseite des Gewitters die Temperatur steigt, Luftdruck und Feuchtigkeit sinkt, auf der Rückseite entgegengesetzt. Fast alle Gewitter treten in WNW. auf und schreiten mit einer Mittelgeschwindigkeit von 33 km stündlich fort, im Juli am schnellsten, womit auch Windstärke und Intensität der Blitze wächst. Dagegen ist die Andauer elektrischer Entladungen bei langsamer Fortbewegung grösser. Gewitter mit verheerendem Hagel ziehen schnell, wenn sie nicht aus dem östlichen Quadranten kommen. Rasch aufeinander folgende Gewitter, theils zusammenhängend, theils sprungweise, theils parallel, theils convergirend, treten meist am Nachmittag auf. In heisser Jahreszeit sind die Gewitterdepressionen flach und wenig

umfangreich. Im Ausbruchgebiet erkennt man gewöhnlich mehrere Punkte intensivster Entladung. Letztere wechseln oft strichweise mit vorwaltenden Niederschlägen ab. Aufeinander folgenden Gewittern ist in der Regel ein gewisser Rhythmus von 3 oder 8·3 Stunden eigen. Jedes beobachtete Wetterleuchten konnte auf ferne Blitze zurückgeführt werden. Die dienstlich vorgeschriebenen Gewitterkarten betreffen: Anfang, Ende und Culmination des Gewitters nach nächster Telegraphenzeit, Zug und Entfernung desselben, Richtung und Stärke des Windes, Regenintensität, Form der Blitze, ausserordentliche Erscheinungen. Auf circa 5 Quadratmeilen kommt durchschnittlich ein Beobachter, freilich mit höchst verschiedentlich dichter Vertheilung der 570 Stationen, welche am engsten liegen in der Gegend von Como, am weitesten bei Grosseto, so dass Ein Beobachter in minimo 0·54, in maximo 44·2 *myrm*² überwacht. In Bayern sind diese räumlichen Verhältnisse min. 0·54, med. 3·25, max. 9·36, indess mit weit gleichmässigerer Vertheilung. Herr Lang¹⁾ berechnete eine Tabelle über die Gewitterhäufigkeit in Monat und Jahr für 42 Provinzen. Ober- wie Mittel-, mehr noch Unteritalien zeigen zwei charakteristische Maxima der Gewitterhäufigkeit, welche gegen die Alpen hin fast zusammentreten. Das Hauptmaximum fällt auf den Juli, gegen S. bis August, manchmal September verspätet. In geographischer Hinsicht nimmt die Gewitterhäufigkeit in Norditalien rasch von N. nach S. ab. Im Pothale gegen SE. läuft ein Streifen beträchtlicher Gewitterhäufigkeit hin. Sehr gewitterarm sind Carrara, Lucca, Pisa, Grosseto, reich: Como, Alessandria, Novara, Torino. Isolirte Maximal- und Minimalgebiete sind beziehentlich Piacenza und Verona. Die orographischen Verhältnisse sind ersichtlich einfluss-

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1884. XIX, 356—357.

reich, aber nicht einfach bestimmend. Die sommerliche Vertheilung entspricht der allgemeinen Anordnung; im Winter schreitet die grössere Gewitterhäufigkeit südwärts. Die jährliche Häufigkeit der von Hagel begleiteten Gewitter beträgt unter Anderem für Rom 12·9, Florenz 25·9, Venedig 15, Mailand 18·9, Turin 18·5 Procent. Auffallend hagelfrei erscheint die Po-Ebene. Im Allgemeinen wächst die Gewitterhäufigkeit vom April bis zu einem Maximum Ende Juni, sinkt im Juli, steigt wieder im August zu einem secundären Maximum im Spätherbst und fällt dann. Zwischen 12 und 6^h p. m. kommen die meisten Gewitter vor. Mehr als zwei Drittel aller Gewitter kamen aus W. und ziehen nach E., am öftesten mit Wind aus NW., am seltensten zwischen E. und S. Die Gewitterregen treten am stärksten im Bergland und während des Herbstes auf, dagegen sind verheerende Blitzschläge in der Ebene häufiger. Von leichtem Hagel waren 151 p. m., von schwerem 10 p. m. aller Gewitter begleitet; die Lombardei empfing den meisten Hagel. Für den zeitlichen Verlauf wurden die Isochronen dargestellt zu Anfang und Ende der Erscheinung wie deren fase massima, welche jedoch schwieriger als namentlich der erstere constatirbar sein möchte; zweckmässig erscheint die Angabe der Registririnstrumentalnotizen während des Gewitterverlaufes. Besonders sind berücksichtigt die Beziehungen der Entwicklung elektrischer Erscheinungen im Po-Thale zur europäischen Luftdruckvertheilung. Wenn das Centrum einer Anticyklone in der Nähe liegt, kommen im Pothale weder Gewitter noch Regengüsse vor, wohl aber in der Nähe eines Cyklonencentrums. Eine Tabelle¹⁾ giebt eine zusammenhängende Uebersicht vom Charakter der Luftdruckvertheilung und des Wetters, der mittleren Anzahl der

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1884. XIX, 367.

Gewitter und Regenfälle, wie der Zahl der Tage. Wir lassen dieselbe hier weg, weil das Bild vorerst nur auf ein Jahr bezüglich zwar lehrreich, doch nicht ganz sicher erscheint. Prognostisch sind drei Wetterlagen bedeutsam: Depression, Anticyklone, gleichmässiger Druck. In den heissen Monaten kommen Gewitter auch bei ziemlich gleichmässig vertheiltem Luftdruck zu Stande, im Frühling und Herbst aber stehen sie in Beginn wie Fortpflanzung mit Depressionen in Verbindung. Gewitter wie Temperaturcurven haben einen convexen Verlauf, ohne jedoch nothwendig parallel zu sein. In der Regel steigt die Wärme an, bis ein gewitterbildender Factor, zumal die Dampfspannung, ein Maximum erreicht, um von da zu fallen. Von den zum Gewitter wirksamen Factoren liegt der allgemeinere ausserhalb des betroffenen Gebietes, der locale dagegen liefert die specielle Disposition. Gebirgsthäler beeinflussen die Zugrichtung der Gewitter weit mehr als Flüsse. (In Bayern äussert die örtliche Lage viel beträchtlicheren Einfluss auf die Fortpflanzung der Gewitter.) Die Geschwindigkeit der letzteren beträgt im Po-Thale 33.6, in Ligurien 38.9 *km* stündlich und scheint mit der Höhe der Sonnentemperaturen zu steigen. Mit ihr wächst die Stärke der elektrischen Entladungen und des Windes, sinkt aber die Dauer der Gewitter. Von ausgedehnten und localen Gewittern fielen aus 360 beziehentlich auf April 6 und 5; Mai 67, 36; Juni 104, 72; Juli 57, 35; August 96, 46; September 30, 15. Die kleinen Localgewitter begleiten oft die ausgedehnteren, welche von Theildepressionen veranlasst sind oder solche erzeugen. Die Regel Buys Ballot's wird dabei befolgt, wenn nicht ausnahmsweise der Wind beim Annähern einer zweiten Depression rückwärtig wird. Temperaturerniedrigungen nach Gewittern können bis 10° C. gehen, wahrscheinlich durch die Niederschläge. Luftdruck und Gewitter zeigen sicher Zusammen-

hang, doch keineswegs volle Uebereinstimmung des Ganges, weil in jenem nur Ein Moment für Bildung dieser liegt. Die Form der Gewitter ist meist bandartig, die Beziehung zu den Niederschlägen noch nicht recht gesichert. Hagelschlag begleitete die meisten Gewitter im Hochsommer, und zwar in Parallelschichten zur Gewitterfortpflanzung.

93. Von sonstigen europäischen Gewitterforschungen genügen hier folgende: In Sachsen¹⁾ waren 1884 auf 14.990 km^2 über 100 Gewitterstationen in Thätigkeit. Isobronten verbinden die Orte, an denen gleichzeitig der erste Donner gehört ward. Beginn der Blitze, Dauer der Niederschläge kamen gleichfalls zur graphischen Darstellung. Die Isobronten erscheinen meist als sich parallel verschiebende Gerade, ebenso die Linien des letzten Donners. Gewöhnlich besitzt ein Gewittertag mehrere Centren, deren Gestalt und Lagenveränderung man mittelst 286 Karten festzustellen suchte. Man sah bei den Gewittern geringe Tendenz zur Fortbewegung statt deren eher von flächenhafter Ausbreitung gesprochen werden kann. Sowohl Theilungen als Verschmelzungen von Gewittern kommen vor. Stationäre Gewitter schrumpfen manchmal allmählich auf kleinere Räume ein. Einzelne Gewitter, als besonders lehrreich, sind im Detail verfolgt, so dasjenige vom 3. Juni, zwischen Plauen und Oelsnitz auftretend mit ovalem Gebiet NW.—SE., welche Achse sich allmählich südlich verlängerte und später die nordsüdliche Lage annahm. Nach einigen Stunden war das ganze Gebiet westlich der Mulde bis Zwickau im Gewitter begriffen, das indess bald auf ein kleines Gebiet im Gölschthale sich einengte. Gleichzeitig wurden noch drei andere Gewitter verfolgt, deren

¹⁾ Jahrbuch des kgl. sächs. meteorolog. Instituts. II, 1884. — Deutsch-österr. meteorolog. Zeitschr. 1886 III, 131—133.

Darstellung jedoch ohne kostspielige Karten wenig befriedigend und übersichtlich ist. Ueberhaupt sind die bisherigen Forschungsergebnisse nur Fingerzeige, welche um eine über Zufälligkeit, mangelhafte Thatsachen und phantasiereiche Deutungen erhabene Theorie zu geben, noch viele mühsame Untersuchungen auf weiter ausgedehnten Gebieten im Gefolge haben müssen.

Auf kleine Räumlichkeit beschränkt, aber sachlich tief eingehend, ist A. Richter's Gewitterstatistik für die Grafschaft Glatz, auf 7 Stationen gestützt.¹⁾ Als normale Jahresperiode der Gewittertage erscheint: 22·6; Januar 0, Februar 0, März 0·2, April 1·3, Mai 4·1, Juni 6·1, Juli 4·9, August 4·2, September 1·3, October 0·4, November 0·1, December 0·1. Bei 24 Procent „nahen“ Gewittern übersteigt das Zeitintervall zwischen Blitz und Donner keine fünf Secunden. Dreistündige Gewittersummen sind: 12—3: 6, 3—6: 3·1, 6—9: 2·5, 9—12 a. m.: 12·2, 12—3 p. m.: 45·6, 3—6: **63·5**, 6—9: 50·7, 9—12: 26·9; S.: 210·5. Der Wind vor dem Gewitter weht mehr südlich als nachher. Für den Barometerstand

	besteht die Häufigkeit:	Wahrscheinlichkeit der Gewitter:
750—55	13·9	0·28
55—60	47 0	0·26
60—65	29·8	0·14
65—70	5 8	0·13

Den Gradienten aus

N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	entspricht die Gewitterhäufigkeit
5·3	5·7	9·6	6·9	8·6	15·4	11·2	5·8,	ferner „ „
28·4	29·8	25·7	13·0	0·7	0	0	0	der Grösse der Gradienten:
0	0·5	1·0	1·5	2·0	2 5	3.		

Geringen Barometerdifferenzen entsprechen demnach viele Gewitter. Deren Häufigkeit ist im Centrum

¹⁾ Vierteljahrschr. f. Glatz. I, 1, 2. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1882. XVII, 328—330.

eines Maximums 2·1, an dessen Seite 11·4, in der Zone zwischen Maximum und Minimum 43·0, an der Peripherie des Minimums 18·5, im Centrum desselben 14·7, bei gleichmässig hohem Luftdruck 3·7, bei gleichmässig niederem 2·8. Die positive Temperaturabweichung an Gewittertagen beträgt im Jahr 2·0, März 5·4, April 5·1, Mai 1·8, Juni 1·6, Juli 1·1, August 1·5, September 3·7, October 3·9, November-Februar 5·3.

Der positiven Temperaturabweichung	0—2	2—4	4—6	6—8	8—10
entspricht die Gewitterhäufigkeit . .	27·3	26·9	12·5	2·8	0·5
„	0	0·7	1·9	6·6	17·9
einer negativen Abweichung . . .	10—8	8—6	6—4	4—2	2—0

Die Gewitterwahrscheinlichkeit in Procenten für Mai bis August ist bei:

	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	als
Unterwind	11	15	22	29	36	23	17	12	
Unterer Wolkenzug .	13	16	28	36	35	22	13	5	
Oberer „	10	12	24	31	24	32	24	13	

Sehr lehrreich, wenn auch von localisirter Bedeutung ist die Verfolgung einer Gewittercyklone durch Herrn Assmann in Magdeburg; das Beobachtungsgebiet umfasst 600 Quadratmeilen. Am 3. März 1882 stand eine grosse, flache Depression über der westeuropäischen Küste, eine zweite am Rigaschen Busen, während in SE.- und NE.-Europa hoher Barometerstand herrschte. Convergente Windrichtungen zeigten Wiesbaden, Kaiserslautern, Karlsruhe, Bamberg, weniger bestimmt Kassel, Leipzig, Magdeburg. Durch feinere Construction der Isobaren fand sich eine scharf definirte minimale Cyklone in NE. des Thüringerwaldes mit 754 *mm* Luftdruck und deutlich cyklonalen Windbahnen 8^h a. m., welche um 2^h p. m. sich um 2 *mm* vertieft und nordöstlich über die Saale verbreitet hatte. Dem Thale der letzten entlang liefen die um 2^h bei Arnstadt beginnenden Gewittererscheinungen, in Halle zwischen 4 und 5^h p. anlangend.

Von da ab ging ein Gewitterrest nördlich, um an der Elbe zu erlöschen, ein zweiter zu den Mansfelder Seen, wo eine nochmalige Theilung eintrat, später die Entladungen bloß durch Regen ersetzend und in seinem cyklonalen Charakter verfolgbar am registrirenden Wagebarometer und Windmesser, deren Gang mit vier kleinen Meidingererelementen erhalten wird. Die Combination von beiderlei Aufzeichnungen¹⁾ ergab die genaue Naturgeschichte eines Wirbelgewitters, das nach seinem Verlauf keiner officiellen deutschen Station bekannt werden konnte. Im Allgemeinen verursacht fast jede grössere Depression auf dem Festland mehrere Partialminima. Die hiermit auftretenden kleinen Luftwirbel können auf die Gestaltung des Bodenreliefs und auf die Lage der Hauptaspirationscentren bezogen werden. Im gegebenen Falle spielte hierin der Thüringerwald eine hervorragende Rolle, und der Verlauf der Saale, weil hier die günstigsten Umstände vorlagen für Condensation des Wasserdampfes, Auftrieb der Luft und elektrische Spannung.

Eine weitere Darstellung der Gewitterperiodicität wurde entnommen 90jährigen Tagesbeobachtungen in Zürich.²⁾ 30 Jahrgänge stammen von Wolfgang Haller 1545—1547 und 1550—1576; 7 von Scheuchzer 1708 bis 1711, 1717—1719; 5 von Ott auf einem Landgut bei Zürich 1757—1761; 11 von Toggenburger in Marthalen 1771—1781; 10 von v. Muralt 1773—1782; 16 von v. Escher in Röthel 1782—1797; 1 von Ulrich 1828; 9 von Egg in Ellikon 1831—1840; 16 von Ulrich 1835 bis 1850. In diesen Reihen sind aufgezeichnet 1734 volle Gewitter, 217 Blitze ohne Donner oder Wetter-

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1882. XVII, 339.

²⁾ Natf. Ges. in Zürich 1880. S. 92. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1881. XVI, 349—352.

leuchten, 368 Schlossenfälle, wovon 116 mit obigen Gewittern verbunden waren. Aushilfsweise sind kürzere Aufzeichnungen benützt von Kitt in Rickenbach 1771, Noetzli in Dynhard 1791 und 1794. Daraus ist folgende Jahresübersicht zusammengestellt:

	Gewitt.	Blitz	Schloss.		Gewitt.	Blitz	Schloss.		Gewitt.	Blitz	Schloss.
2.—11. Jan.	1	1	2	2.—11. Mai	66	10	12	30. Ag.—8. Sp.	59	18	1
12.—21. „	2	1	3	12.—21. „	74	5	16	9.—18. „	48	12	2
21.—31. „	1	1	6	22.—31. „	102	9	13	19.—28. „	22	9	6
1.—10. Febr	1	1	9	1.—10. Juni	114	10	7	29 Sp.—8 Oct.	15	8	2
11.—20. „	4	0	8	11.—20. „	155	8	10	9.—18. „	8	4	5
21. Fb.—2. Mz.	3	2	10	21.—30. „	138	2	7	19.—28. „	0	0	4
3.—12. „	3	1	11	1.—10. Juli	102	12	2	29. Oc.—7. Nv.	4	0	4
13.—22. „	6	2	13	11.—20. „	121	17	4	8.—17. „	6	3	7
23. Mz.—1. Ap.	10	2	12	21.—30. „	122	14	4	18.—27. „	1	2	3
2.—11. „	32	7	17	31. Jul.—9 Ag.	136	13	3	28. Nv.—7. Dc.	0	3	3
12.—21. „	55	10	25	10.—19. „	155	15	2	8.—17. „	1	0	0
22. Ap.—1. Mai	52	3	16	20.—29. „	112	11	1	18.—27. „	3	0	2
								28. Dc.—1. Jan.	0	1	0

Auch hier fällt das Maximum der Häufigkeit in den Sommer, das Minimum auf December, mit schärferer Ausprägung der Ab- als Zunahme. Einzelne Tage sind ausgezeichnet durch viele Gewitter. Nach Wahrscheinlichkeitsregeln kommen durchschnittlich elektrische Entladungen vor:

alle 7 Jahre zwischen 20. u. 25. Februar,

„ 3 „ „ 20. „ 21. April u. 5.—12. October,

„ 2 „ „ 16. „ 17. Juni „ 12.—13. August.

Das Auftreten in gleich abgemessenen Zeiträumen von 52—55 Tagen deutet auf periodische Wiederkehr von SW.-Luftströmungen, welche höhere Wärme und grössere Feuchtigkeit bringen. Durch Reichthum an

Gewittern sind ferner ausgezeichnet: 5., 6. Mai, 22., 23. Mai, 3., 4. Juni, 12., 13., 19., 21., 29. Juli, 2., 21., 22. August, 8., 9. September, 8., 10. November; durch Armuth 27. April, 8. Mai, 6. Juni, 3. Juli, 5. August, 2. September, 3., 4. October. Graupeln als Begleiter von Gewittern sind häufigst im April, Hagel Ende Mai und Juni, der früheste trifft auf 27. Februar 1794, der späteste auf 1. November 1793. Vom 16. Juli bis 4. August sind 11mal Hagel, aber keine Graupel verzeichnet. Ein ungewöhnlich starkes Gewitter mit schrecklichen Verheerungen in und um Zürich wüthete am 22. Dec. 1560. Local kommen verhältnissmässig wenige Gewitter Marthalen, Ellikon, Ratzerfelde, viele Klettgau und Zürich zu. Dies ist ebensowenig ganz zufällig, als die aus Böhmen bekannte Thatsache, dass an manchen Orten die Jahresdurchschnittszahl der Gewitter 11—12, an anderen 28—30 beträgt. Berge und Wälder wirken vielleicht ablenkend. Die verderblichsten Gewitter der Züricher Gegend werden meist vom Käferberg ob Höngg abgelenkt und der Bergkette entlang dirigirt über Fluntern, Hottingen, Balgrist, in zweiter Linie über Albisrieden, Wollishofen, Zollikov, Küssnacht, in dritter über Baldern, Thalwyl, Meilen, in vierter über Zug, Wädenswylerberg, Hombrechtikon, Bubikon, Rüti; in unbestimmterer Weise über Würenlos, Dallikon, Regensdorf, Kloten und durch Wehenthal. Mehr mit vereinzelter Bedeutung, doch von Wichtigkeit für die allgemeine Gewitterkunde erscheint die Reihe einschlägiger Erscheinungen, welche das Alpengebiet am 26.—29. September 1885 heimsuchte.¹⁾ In Raibl dauerte nach Pirschitz das Gewitter vom 25. bis 28. September mit abwechselndem Wetterleuchten und grellen Blitzen, furchtbaren Donnerschlägen und Regengüssen, welche binnen 4 Tagen 426 mm Niederschlag-

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Metecrologie 1885. XX, 376—377.

höhe gaben. In Radmannsdorf zählte man am 27. September 5 Gewitter, zu Ausserteuchen 7, in Jara bei Assling 9. Aus Göriach-Feistritz berichtet Herr Wieltschnig, dass der erste Donner am 25. September 1^h 5 Minuten p. m. gehört wurde; am 26. regnete es Tag und Nacht. Am 27. begann das Gewitter um 2^h 30 Min. a. m. einen Wolkenbruch einleitend. Der Blitz spaltete um 2^h 20 Min. p. m. eine Lärche. Am 27. zwischen 2^h 20 Min. und 4^h 30 Min. p. m. 70 Donnerschläge, 7^h 30 Min. bis 9^h 30 Min. p. m. 18, 11^h bis 11^h 30 Min. p. m. 13 unter beständigem Regen. Am 28. früh Wolkenbruch. Von 4^h 10 Min. bis 7^h 15 Min. 20 Donnerschläge mit grellen Blitzen und Regen bis in die Nacht. Am 29. Schnee bis 2000 *m* herab, später Sonnenschein, während die Berge in Nebel und Wolken gehüllt sind.

Von grossem Interesse für die Gewitterkunde sind die Studien von Herrn A. Lancaster in Belgien.¹⁾ Im Jahre 1878 wurden 43 Gewitter verfolgt, und zwar aus SW. 26, S. 8, SE. 4, W. 3, NW. 1, NE. 1 mit durchschnittlicher Geschwindigkeit von 5 *km* und einer Gradientenrichtung WNW. 15, NW. 15, W. 8, NNE. 8, N. 6, NNW. 3, SW. 2, NE. 2, ESE. 1, SE. 1mal. Der Barometerstand war bei 16 Gewittern 755—60, bei 12: 750—55, bei 7: 760—65, bei 3: 745—50, bei 1: 765—70 *mm*. Die Ursache localer Gewitter liegt gewöhnlich in fortschreitenden kleinen Depressionscentren. Die Gewittertage in Brüssel werden 1833—78 nach Jahren wie Monaten zusammengestellt. Man hat im Januar 12 Tage mit Donner, 4 mit Blitzen, 13 Einzelgewitter; des Weiteren beziehentlich Februar 10, 4, 10; März 29, 9, 30; April 45, 16, 45; Mai 108,

¹⁾ Discussion des Observ. d'orages faites en Belgique 1878. — An. de l'Obs. de Bruxelles, 50 S. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1881. XVI, 361. — Fortschr. d. Phys. 1883. XXXVI, 347.

25, 130; Juni 143, 30, 182; Juli 158, 38, 201; August 159, 52, 194; September 68, 40, 82; October 21, 31, 24; November 6, 9, 6; December 4, 6, 4. Binnen 46 Jahren zählt man mit je zwei Gewittern 103, 3:22, 4:2, 5:1 und einen 17. Juli 1865 mit 6 besonderen Gewittern. Für die Tagesperiode steht 12—2^h 27, 2 bis 4:26, 4—6:15, 6—8:16, 8—10:18, 10—12^h a. m.: 57, 12—2 p. m.: 115, 2—4:193, 4—6:173, 6—8:141, 8—10:75, 10—12:37. 10^h a. bis 10 p.:754, 10 p. bis 10 a.:139 Gewitter. In mehr continental gelegenen Orten erscheint diese Periodicität noch schärfer ausgeprägt. Am gewitterreichsten im Jahre sind durchschnittlich 27., 28. Mai, 2.—4. Juni, 23.—28. Juli, 16., 17. August (9.5). Eine doppelte Periodicität im August spiegelt sich wieder im Gang des Luftdruckes, dessen Dekadenmittel Analoges zeigen. Tage mit sehr heftigen Gewittern haben durchschnittlich eine positive Temperaturabweichung von 3.2°, solche mit starken Gewittern: + 3° Gewittertage überhaupt + 1.8° C. Sehr starke Gewitter kommen durchschnittlich aufs Jahr 19, Januar 1, Februar 1, März 0, April 1, Mai 1, Juni 6, Juli 2, August 4, September 3, October 0, November 0, December 0. Auf Brüssel allein trifft ein „orage violent“ kaum auf jedes zweite Jahr. Im April und October sind alle Gewitter kürzer als eine Stunde, im Hochsommer dauern manche über drei Stunden. Mittlere Dauer ist 42 Min. Die Geschwindigkeit des Windes am Tage vor Gewitterausbruch pflegt unter der Norm zu liegen.

Die Gewitter in Schweden 1871—1875 untersuchte Herr Hildebrandson.¹⁾ Seit 1871 sind in Schweden systematische Gewitterbeobachtungen organisirt. Zwischen

¹⁾ Askvädren i Sverige. Bihang till K. Svenska Vet. Akad. Handlingar 1877. Nr. 13. — Fortschr. d. Phys. 1884. XXXIV, 1157. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1878. XIII, 193.

den Wirbel- und Wärmegewittern, von denen nach Mohr, Leverrier, Frou jene mit grossen allgemeinen, diese mit kleinen localen Störungen im Luftkreise in Zusammenhang stehen, ist eine strenge Unterscheidung so gut wie unmöglich. An der norwegischen Westküste sind erstere, im übrigen Norwegen und in Schweden die letzteren häufiger. Dort tragen sich auch mehr Wintergewitter zu. Die Gewitterhäufigkeit ist an der Süd- und Westküste des Kattegat am grössten. Der Juli hat die meisten Gewitter; die Bezold'schen Doppelmaxima Mitteleuropas sind nicht erkenntlich. Das Tagesmaximum fällt auf 3—4^h p. m. Spätsommer und Herbst haben die meisten Nachtgewitter. Die mittlere Windrichtung, wovon der Wolkenzug schwach nach rechts abweicht, ist in den nördlichen Gebieten S., weiter südlich mehr W. Die Gewitter sind zur Zeit der grössten Häufigkeit am schwächsten. Hagel ist meist unbedeutend. Vom Wetterleuchten konnte binnen fünf Jahren stets nachgewiesen werden, dass es der Widerschein ferner Blitze sei. Im inneren Lappland steigt die Hitze an Gewittertagen oft auf 30° C. Im Allgemeinen erreichen die Gewitter in Schweden keine grosse Stärke.

94. Aus Nordamerika giebt über die Gewitter vom Mai 1884 Hazen eine Zusammenstellung nach freiwilligen Beobachtungen.¹⁾ Insbesondere zeigen Karten das Vorschreiten der Gewitterflächen vom 18. und 19. Mai. Hagelfall pflegt einzutreten bei tiefem Luftdruck etwa 200—300 Miles südöstlich vom Depressionscentrum. Vom letzteren 400—500 Miles entfernt, es im südöstlichen Quadranten lassend, schreiten die Gewitter gewöhnlich von W. nach E. oder SE. fort, oft mit fächerförmiger Verbreitung. Während der Nacht kommen die Gewitter

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1885. XX, 544—545 — Science 19. Juli 1885. — Signal Service Nr. 20.

zuweilen zur Ruhe, um nächsten Morgen wieder zu beginnen. Die Gewitter bewegen sich schneller fort als die Cyklonen, welche sie mitunter begleiten.

Derselbe Forscher untersuchte den Einfluss der Gezeiten (Tiden)¹⁾ auf die Gewitterhäufigkeit. Da dies wohl nothwendig mit der Frage über den lunaren Einfluss auf elektrische Erscheinungen in Zusammenhang steht, wird die Tabelle hingestellt nach Koeppen:

Zahl der Gewitter:	336	(25·2 Procent)	bei Neumond
„ „ „	406	(30·5 „)	„ I. Viertel
„ „ „	270	(20·3 „)	„ Vollmond
„ „ „	321	(24·1 „)	„ IV. Viertel

und nach dem im Signal Service für 1884 verfügbaren Material nach derselben Ordnung: 3538 (29·5), 3232 (27·0), 2930 (24·4), 2296 (19·1), also beidemal ein geringer Ueberschuss zu Gunsten der beiden ersten Phasen. Herr S. B. Strong, Beobachter zu Setauket (New-York), sprach vor dem Signal Office die Meinung aus, dass während der Ebbe kein schweres Gewitter zu Stande komme. Es ist schwer, über diese oder ähnliche Fragen zu entscheiden, weil die Gewitter nicht immer scharf ausgeprägt erscheinen, der Zeitpunkt ihrer grössten Intensität kaum genau constatirbar ist, der Aufenthalt des Beobachters am Rande oder Centrum des Gewitters oft nicht sichergestellt wird und über die Gezeiten locale Zweifel bestehen können. An der atlantischen Küste zwischen Savannah, Georgia und Portland, Maine sind 197 Gewitter in Bezug auf Ebbe und Fluth untersucht. Man fand 111 (56⁰/₀) in der Fluthzeit, 57 (29⁰/₀), welche Fluth und Ebbe überdauerten, 29 (15⁰/₀) zur Ebbe. Wenn daraus, wie es scheint, ein Zusammenhang

¹⁾ Signal Office, Washington. Monthly Weather Review 1885, Octobre, pag. 264.

zwischen Gezeiten und Gewittern erschlossen werden darf, wäre weiter zu erforschen, ob ein directer Einfluss besteht, ob durch Vermittlung derselben Kraft, ob nur an der Küste, und in welcher Weise etwa auch das Binnenland betheiligt ist. Vielleicht könnte in Betracht, dass starke Gewitter Luftdruckdepressionen im SE.-Viertel in Begleitung haben, daraus ein Gesetz für Entwicklung und Fortschritt grosser atmosphärischer Störungen hergeleitet werden.

95. Eine Darstellung über Verbreitung und Bedeutung der Gewitter hätte einen wichtigen Punkt übersehen, wenn nicht die Aufmerksamkeit auf die Statistik der Blitze gelenkt würde. Einen der frühesten Beiträge dazu bringt Herr Boudin¹⁾ aus Frankreich, wo 1835—1863 vom Blitze getödtet wurden 2238 (jährlich in maximo 111, in minimo 48), verletzt 4476 Menschen; 1854—1863 637 Männer, 243 Weiber, welches verhängnissvolle Uebergewicht des männlichen Geschlechts auch sich bestätigte, wo zahlreiche Gruppen von gemeinsamer elektrischer Entladung betroffen wurden. Mehrmal vom Blitze betroffen wurden angeblich mehrere Personen, aufgezeichnet sind indess blos zwei Fälle. Ein Mann wurde in drei verschiedenen Häusern ebenso oft vom Blitze getroffen, ein Anderer binnen 15 Jahren zweimal am linken Fusse verletzt. Ein Viertel der vom Blitze Geschädigten hatte Schutz unter Bäumen gesucht, von denen Buchen, die Meinung Maxwell's, dass sie vom Blitze verschont blieben, nicht rechtfertigen.

In Schleswig-Holstein findet Herr L. Weber²⁾ die S.- und W.-Region am meisten vom Blitze gefährdet. Der Juli und die Zeit 3^h bis 9^h p. m. sind am gewitter-

¹⁾ Cosmos 1865. II. 29. — An. d. Phys. (200) 1865 CXXV, 644.

²⁾ Elektrotechn. Zeitsch. VI, 9. — Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1835. XX, 200.

reichsten. Jenes Monat hat auch die heftigsten Gewitter, deren Intensität bestimmt wird als Quotient der Blitzschläge durch die Anzahl der Gewittertage. Vom Blitze getroffen wurden 92 Menschen (in 4 Jahren), 121 Thiere, 60 Bäume, 11 verschiedene im Freien stehende Gegenstände, 338 Gebäude, zumeist Kirchen und Mühlen. Wenn durch die Herren v. Bezold, Holtz, Karsten, Weber nachgewiesen ward, dass im letzten Halbsäculum die Zahl der Blitzschläge um das 3—5fache gestiegen sei, so erscheint dies um so auffälliger, als die unterdess allerdings gewachsene Zahl der Gebäude eher das Gegentheil erwarten liessen, weil alle aus der Fläche vorragenden Körper die elektrische Spannung an den atmosphärischen Wolken vermindern müssen. Herr Dr. P. Andries¹⁾ ergänzt frühere Erklärungsversuche (Bezold, Seculäre Maximal- und Minimalperioden von 54 Jahren mit Analogie der Sonnenflecken; Karsten, Abnahme der Wälder in Deutschland) durch den Hinweis der reichlichen Luftschwängerung mit Rauch und Staub seitens der vielfachen Mittel der Industrie und des Verkehrs. Jene fein vertheilten Massen können in der Atmosphäre durch Reibung starke Elektrizität erzeugen, umsomehr, wenn mit Faye und Luvini lebhafte Wirbelbewegungen bei Gewittern angenommen werden. Auch die elektrische Leitung in der Luft erhöhen nach Nahrwold jene Körperchen. Der dicke Staubnebel im Sommer 1783 über Europa war verbunden mit zahlreichen oft einschlagenden Gewittern, nach denen er stets zeitweise abzunehmen pflegte. Herr Lodge schlug 1884 verschiedentlich erzeugten Rauch durch elektrische Einwirkung nieder. Hierher gehören wohl auch Veltin's und Busch's Experimente über Schäfchenwolken.²⁾

¹⁾ Naturforscher 1886. XIX, 121—122.

²⁾ Meteorolog. Zeitschrift 1886. III, 128—129.

Herr v. Bezold¹⁾ fand in den Acten der bayerischen Brandversicherungsanstalt während der Jahre 1844—1865 über 1100 vom Blitze getroffene Gebäude verzeichnet, auch wenn keine Entzündung statthatte. Die Blitzschäden, mindestens 90 Procent aller überhaupt im Lande vorgekommenen umfassend, sind ungemein ungleich geographisch vertheilt. In Schwaben kommen sie häufig, in Unterfranken selten vor. Nach der Agentur der Magdeburger Hagelversicherungs-Gesellschaft verhält es sich mit Hagelschlägen ähnlich. Die örtlichen Einzelheiten sowohl betreffs der Untersuchungsmethoden als ihrer Ergebnisse werden hier nur zugelassen, sofern sie von allgemeinem Interesse erscheinen. Die stark betroffenen Gewittergebiete bilden längliche Flecken mit der Längsachse in SW., dem gewöhnlichen Gewitterzuge entsprechend. Main, Donau, Inn, Isar sind Mittellinien wenigst beschädigter Gebiete; bei letzterem Flusse liegen fast alle beschädigten Punkte am rechten Ufer auf den Höhenzügen. Das Alpenland bleibt fast ganz verschont, obschon es gewitterreich ist, vermuthlich weil die meisten Gebäude im Thale stehen. Von 29 Städten litten nur sechs mehr vom Blitze als die ländliche Umgebung, während alle übrigen im entschiedenen Vortheile sind, wahrscheinlich wegen der dort häufigeren Verbreitung der Blitzableiter. Die Umgegend des Ammer-, Würm-, Chiemsee werden von Blitz wie Hagel schwer und oft betroffen. Der Zeit nach treten bei halbmonatlichen Zusammenstellungen in 11jähriger Periode mehrere Maxima hervor, deren deutlichstes auf die zweite Julihälfte fällt, das nächste in die erste Junihälfte. Die grössere oder kleinere Zahl der Blitzschläge hat weniger in Intensitätsdifferenzen als in grösserer oder geringerer Häufigkeit der Gewitter ihren Grund; dieser geht aber freilich meistens jene parallel.

¹⁾ An. d. Phys. (212) 1869. CXXXVI, 513—544.

Jene Epochen besitzen auch Temperaturextreme. Wird die Vertheilung der Blitzschläge auf die einzelnen Jahre untersucht unter Reduction der Fällanzahl auf die gleiche Menge der Gebäude, so ergibt sich, „dass während der 22 betrachteten Jahre die Zahl der von einer Million Gebäude getroffenen, in fast ununterbrochenem Steigen begriffen war“. Auf 60 Jahre ausgedehnte Beobachtungen am hohen Peissenberg lassen Aehnliches erkennen. Es scheint in den Dreissigerjahren ein Gewitterminimum geherrscht zu haben und von da nach Rück- wie Vorwärts ansteigend eine 90jährige Periode der Gewitterfrequenz zu bestehen. Schon früher hatte Herr Kuhn¹⁾ vermuthet, dass die Häufigkeit der Gewitter in grösseren Zeiträumen gesetzmässig periodischen Schwankungen unterliege. Später zeigte Aehnliches Gutwasser für Sachsen,²⁾ v. Ahlefeld für Schleswig-Holstein,³⁾ v. Hülsen für Preussisch-Sachsen.⁴⁾ Daran reiht sich eine Arbeit von Herrn Holtz,⁵⁾ welche für Deutschland, Oesterreich und Schweiz seit 1870 die Zunahme der Gewitter ungemein gering, diejenige der Blitzgefahr aber überraschend gross ergibt. Letztere ist wohl nur zum geringsten Theile meteorologischen Einflüssen zuzuschreiben, sondern mehr tellurischen Aenderungen, vielleicht der Zunahme der Entwaldungen, der Eisenbahnen, der Anwendung metallischer Theile an Bauten in Dachverzierungen, Gas- und Wasserleitungsröhren. 1885⁶⁾ nahm

¹⁾ Angewandte Elektrizitätslehre. — Encyklopädie der Physik 1866. S. 225.

²⁾ Mittheilgn. f. öffentl. Feuerversicherungsanstalt. 1873, S. 103.

³⁾ Verwaltungsber. d. schlesw.-holstein. Landesbrandcasse 1875.

⁴⁾ Mittheilgn. f. öffentl. Feuerversicherungsanstalt. 1877, S. 225.

⁵⁾ An. d. Phys. (247) 1880. XI, 719—722.

⁶⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1855. XX, 50—57. — Elektrotechnische Zeitschrift. October 1884. — Bayer. Akad. d. Wissen. II. Cl. München 1884. XV, 1.

Herr v. Bezold seine früheren Untersuchungen wieder auf. Besondere Umstände der fortschreitenden Cultur wie Bauart, Entwässerung, Abholzung, Eisenbahnen, telegraphische wie telephonische Netze von Drähten werden erst in zweiter Linie einflussreich erachtet, während in erster bloß Menge und Heftigkeit der Gewitter massgebend erscheinen. Auch die geographische Vertheilung der Blitzschläge schliesst sich den meteorologischen Angaben über Ausgang und Verbreitung der Gewitter an. Städte allerdings bilden Ausnahmen, indem hier circa 1·43 Blitzschläge auf 100 Häuser kommen, in deren ländlicher Umgebung dagegen 2·96. Die Gefährdung durch Blitz hat sich von 1833 bis 1882 verdreifacht, und zwar von 1836 an mit fortgesetzter Steigerung, welche indess Unterbrechungen erfährt, so dass der periodisch wechselnde Verlauf als Wellenlinie erscheint mit stets ansteigender Mittellinie. Eine gewisse Beziehung leuchtet hervor zu den Sonnenflecken, deren Maximum ein Nachlass der Gewitterheftigkeit entspricht, hiermit also ein Minimum der Blitzschäden und umgekehrt. Auffälliger noch ist der Parallelismus zwischen der jährlichen Periode der zündenden Blitze und jener der Temperatur, besonders in Pentaden erkenntlich, freilich so, dass um einige der letzteren manchmal das Wärmemaximum gegen dasjenige der zündenden Blitze verschoben ist. Zum geographischen Studium der Blitzvertheilung wurden sämtliche verfügbare Fälle, 2547, nach Verwaltungsbezirken geschieden und die Brandfälle ermittelt, welche in jedem Bezirk auf 1000 Gebäude kamen. War die Anzahl der Fälle q , jene der versicherten Häuser n , so wurde der Werth gebildet $1000 q/n$. Kartographisch stellen die 271 mosaikartig gruppirten Stücke ein wohlgeordnetes Bild dar, ganz ähnlich dem vor 15 Jahren entworfenen. Es giebt in Bayern zwei grosse Zugstrassen der Gewitter, die nördliche (schwächere)

vom mittleren Schwarzwald oder dem Neckarquellengebiet aus längs der nördlichen Abdachung des fränkischen Jura, über die Frankenhöhe, ostnordöstlich durch Mittelfranken zum Ostabhange des fränkischen Jura; die südliche vom Bodensee aus längs der Iller ins Lechthal, das untere Ammergau gegen Isar und Mangfall. Von den Kreisen ist Schwaben am gefährdetsten. Ober- und Niederbayern sind von zündenden Blitzen wenig heimgesucht. In jenem oder besser dem ganzen Donauthale endet das Gebiet grösserer Gefährdung nahe der Lechmündung, im Isargebiet bei Landshut. In diesem sind die tiefsten Regionen am meisten vom Blitze verschont. Die aus Schwarzwald und vom Bodensee in jene Länder kommenden Gewitter brechen daselbst meist erst am Abend, also bei gesunkener Tageswärme aus und sind deshalb verhältnissmässig schwach. Aus gleichem Anlass bleibt der bayerische Wald mehr von verwüstenden Gewittern verschont als der Böhmerwald, den wegen östlicherer Lage die Gewitter meist um Mittag bei grösster Hitze erreichen. Im Allgemeinen erscheinen bewaldete Regionen allerdings gewitterfreier als baumkahle. Die Hauptsache hängt indess von der Lage gegen die Hauptgewitterwege ab. Die nämliche Frage untersucht Herr Freyberg¹⁾ für die sogenannte sächsische Schweiz mit Benützung der Acten der Landesimmobiliars-Versicherungsanstalt für Pirna aus 1859—1882. Für diesen Ort findet er auf 1,000.000 Gebäude die Anzahl schädlicher Blitzschläge 207, Bautzen 268, Dresden-Neustadt 402, Dippoldiswalde 560. Die relativ kleine Blitzgefahr scheint begründet in der Lage der Ortschaften, in Thälern und mit Waldreichthum. Die oben so scharf hervor-

¹⁾ Jahrbuch d. Gebirgsvereines f. d. sächs.-böhm. Schweiz 1885. — Elektrotechnische Zeitschr. 1885. IX. — Deutsch-österr. meteor. Zeitschr. 1886. III, 95.

tretende Zunahme der Blitzgefahr ist hier wenig oder gar nicht erkenntlich. Zwischen Stadt und Land besteht das Verhältniss der Blitzgefahr 1 : 2·25. Höchst ungünstig gestaltet sich aber die Sache bei Mitberücksichtigung der sogenannten kalten Schläge und Erweiterung des Gebietes auf das ganze Königreich Sachsen, indem so die Zunahme der Blitzgefahr seit Beginn der Sechzigerjahre sich mehr als verdoppelte. Eine Beziehung der Periodicität der Gewitter zu den Sonnenflecken ward nicht erkannt.

96. Die Bedeutung der Gewitter ist weniger in den allerdings am imposantesten ausgeprägten elektrischen Erscheinungen gelegen, als in den vorbereitenden, begleitenden und nachfolgenden meteorischen Vorgängen. Darunter spielen Luftdruck und Temperatur eine wichtige Rolle. Eine der frühesten darauf bezüglichen Untersuchungen veröffentlichte Herr Fritsch in den Berichten der Wiener Akademie. Während hier im Allgemeinen der Gang der meteorologischen Elemente an Gewittertagen verfolgt wird, betrachtet Herr Carl in München¹⁾ für die Jahre 1842—1859 vornehmlich die Wärmeverhältnisse, bemüht, Ursache und Wirkung in innerem Zusammenhange darzustellen. Im fraglichen Zeitraum kamen jährlich im Durchschnitt 19 Gewitter dort vor (Maximum 1845: 31, Minimum 1850: 8). Die Sommermonate haben die meisten Gewitter; ferner fallen die letzteren mit Vorliebe auf die heissesten Tagesstunden. Die Temperatur pflegt vor Ausbruch des Gewitters über dem Monatmittel zu stehen, während desselben aber zu sinken, und zwar am Tage beträchtlicher als bei Nacht. Am bedeutendsten erscheint diese Depression stets, wenn beim Gewitter Hagel fällt, manchmal sogar, bevor dieser erscheint. Die Tabellen, welche

¹⁾ An. d. Phys. (188) 1861. CXII, 107—122.

diesen Aufstellungen zu Grunde liegen, sind vertrauenswerth und gründlich, doch zu umfangreich, um hier wiedergegeben werden zu können. — Ueber die Beziehungen der Gewitter zum Luftdruck stellte Herr Prestel¹⁾ eine durch Herrn Bujs Ballot²⁾ bestätigte Regel auf, deren Richtigkeit auch für andere Gegenden gilt: „Wenn an einem Orte die Temperatur jeweilig über die mittlere hinausgeht, so kommt ein Gewitter allemal dann zum Ausbruch, wenn der Barometerstand bei seinem Uebergange von einem Maximum zu einem Minimum oder umgekehrt vom Minimum zum Maximum sich so weit verändert hat, dass er mit dem mittleren Barometerstande des Beobachtungsortes nahezu übereinstimmt.“ — In neuerer Zeit wendete Herr von Bezold³⁾ seine stets sehr genaue und folgenschwere Aufmerksamkeit der Vertheilung des Luftdruckes und der Temperatur während grösserer Gewitter zu. Für alle Tage der letzteren wurden an den gewöhnlichen Beobachtungsstunden 8^h a., 2^h und 8^h p. m. genaue Isobaren- und Isothermenkarten entworfen. Es wurde ein äusserst inniger Zusammenhang erkannt zwischen dem Verlaufe der Isobaren, Isothermen, Isobronten. Dies zeigte in einem besonderen Falle, nämlich am Gewittersturm vom 9. August 1881, zuerst Herr Koeppen.⁴⁾ An diesem Tage entstand über Deutschland eine nach NW. abfallende Rinne niedrigen Druckes, dessen isobarische Folgen auf einem Kärtchen dargelegt sind. Die Rinne bewegt sich bei nordöstlicher Fortschreitung der Hauptdepression

¹⁾ Der Barometerstand und die barometrische Windrose Ostfrieslands.

²⁾ Eenige Regelen voor Aanstaaude Weersveranderingen.

³⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XIX, 281—286.

⁴⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XIX, 12—20. — An. d. Hydrographie 1882. X, 595.

gegen E. und verschwindet am nächsten Tag in SW.-Russland. Auf ihrer Vorderseite ist die Temperatur sehr hoch, diese nimmt gegen das Gebiet westlicher Winde hin schnell ab. Die Fortpflanzung des vorderen Randes der Gewitterböe ist auf einem zweiten Kärtchen dargestellt; zwei andere zeigen die Verbreitung zahlreicher Nebengewitter. Im Allgemeinen war der Gang der Erscheinungen so, dass nach heissem, ziemlich heiterem Vormittag mit SE. und S. der Himmel sich bezog mit Cirrostratus und Cumulus, bis von W. schwere Wolken schnell heraufstiegen, im unteren niederhängenden Theile fahl gelb oder röthlich, während sausender Wind ungeheure Staubmassen aufwirbelte. Das Tageslicht wird verdunkelt. Bäume werden entwurzelt, Dächer abgedeckt, Mauern umgerissen — alles binnen zehn Minuten. Gleichzeitig oder darnach tritt stellenweise verschieden starker Regen ein, am nördlichen Rande der Böe auch Hagel, der in Ostholstein 5,000.000 m^3 Eis lieferte. Die elektrischen Entladungen waren auf wenige Blitzschläge im hinteren Theile der Böe beschränkt. Der Wind flaut im Laufe der nächsten Stunden auf SW. zurück. Die Temperatur war während der Böe um 7—14° C. gesunken, stieg dann um einige Grade, blieb aber etwas tief bei dauernder Bewölkung, so dass ein Wetterumschlag von da ab datirt. Die, abgesehen von peripherisch über Deutschland zerstreuten Vorkommnissen geringerer Bedeutung, längs einer schmalen langen Linie geordneten Zerstörungen, deren ausführliche Registrirungen hier wegbleiben, erinnern an die Bahn eines Tornado; doch ist keine Spur von Wirbeln erkenntlich. Im ganzen Verlaufe war die Böe an scharf ausgeprägte Luftdruck- und Temperaturstufen gebunden. Ungewöhnlich dicht gedrängten Isothermen entsprach ein steiler barometrischer Gradient von durchschnittlich 9 mm . Am Tage vor dem Sturme war die betroffene Gegend bei S. und starker

Insolation sehr warm geworden und deshalb niederem Luftdruck überantwortet. An der Grenze kalter und warmer Luft entstehende Niederschläge rissen Luft mit herab und brachten solche durch Abkühlung zum Sinken. Wo der Regen am dichtesten ist oder gar in Hagel übergeht, liegen die Isothermen am gedrängtesten. Als Ursache für die Gestaltung der Druckunterschiede zu einer einzigen Druckstufe, und so für den Orkan kann gefunden werden: die von den Niederschlägen veranlasste Zusammendrängung der Isothermen auf beschränktem Terrain, und eine der Brandung vergleichbare Reibung bewegter Luftmassen. Der grossen horizontalen Wärmeunterschiede wegen ging die Höhenerstreckung der um die Hauptdepression geschlungenen Isobaren kaum über 600—700 *m*.

Höchst lehrreich ist das Bild des idealen Durchschnittes einer Gewitterwolke. Am Orte, wo warme Luft von der Böe emporgeweht wird, entstehen dichte Wolken mit der allgemeinen Strömung gegen ENE. fortschreitend, heftige Niederschläge veranlassend. Zur Seite ziehen sich schwächere solche Wülste hin. Rückwärts liegt ein weniger dichter und dunkler Cirrostratus-Schleier. Am vorderen regnenden Theil erscheint beim Herannahen ein helles Segment, selbst im Zimmer bei Regenbeginn eigenthümliche Beleuchtung hervorrufend, vom Volke als „Wasserlichter“ bezeichnet, veranlasst durch die absteigende Bewegung der Luft in Folge der Reibung an den Regentropfen und der tieferen Temperatur. Die Erwärmung dieser im Sinken comprimierten Luft hindert die (verdüsternde) Nebelbildung. Die aneinandergrenzenden Luftmassen sind wahrscheinlich von sehr verschiedener Temperatur. Die „Mechanik des Phänomenes“ ist folgendermassen zusammengefasst: Südöstlich einer barometrischen Depression entsteht durch Insolation ein Gebiet hoher Wärme und in der unteren Atmo-

sphäre ein Ausläufer der Depression, während oben die Isobaren von elliptischer Form bleiben. Der östliche Theil der Ausbuchtung wird dem abkühlenden Einfluss der westlichen Strömung entzogen und bewahrt in schwachem E.-Strome seine Temperatur, der westliche wird von kühlerer Luft überfluthet. An der Grenze des warmen und kalten Gebietes entsteht durch Auftrieb Regen. Dieser erzeugt eine bestimmte Temperaturstufe, welche, der Richtung des Windes wie Niederschlages folgend, nach Seite der höheren Temperatur vorschreitet. Die nächste Folge ist eine in gleichem Sinne fortgepflanzte Druckstufe in den unteren 600 *m* der Atmosphäre. Dieselbe erzeugt sehr starken Wind in etwa 10 Minuten vorübergehend, theils durch mechanische Gewalt, theils durch Hagelbildung zerstörend. Der Gewittersturm schreitet entgegen der Sonne vor, entstehend am Morgen, am stärksten werdend, wo er zur heissesten Tageszeit eintritt, Nachts allmählich schwindend. Herr von Bezold glaubt nun die hier in einem Einzelfalle verfolgte Darstellung, welcher allgemein giltige Betrachtungen nicht fehlen, zu einer regelmässigen Erscheinung zu erheben, welche indess nichts sei als der kartographische Ausdruck „des Umstandes, dass mit dem Ausbruche eines Gewitters eine oft sehr erhebliche Temperaturerniedrigung eintritt, sowie andererseits ein plötzliches Steigen des Barometers“.¹⁾ Zum Beleg sind zwei Gewitter beschrieben vom 30. Mai und 16. Juli 1882. Daraus fliessen die Sätze: Am vorderen Gewitterrande oder am Rande des auf der Fortpflanzungsrichtung senkrechten Bandes, welches das Gebiet gleichzeitiger elektrischer Entladungen darstellt, bestehen ganz eigenthümliche Temperatur- und Luftdruckverhältnisse. Jener Rand scheidet scharf zwei Gebiete hohen und tiefen

¹⁾ Koeppen, An. d. Hydrographie 1879. VII, 324.

Druckes, wie niedriger und höherer Temperatur. Die Windrichtungen stehen an jenem Rande senkrecht auf der Isobare, wenn diese meridional verläuft. Der Wind weht also entgegen dem Bujs Ballot'schen Gesetze direct von Orten höheren zu solchen tieferen Druckes. Die barometrische Situation ist nämlich hier eine ganz andere, als die bei theoretischer Begründung des Ballot-Gesetzes angenommene centrale Vertheilung des Luftdruckes. Kennt man den Verlauf der Linien schroffen Wärmearückganges und plötzlich steigenden Luftdrucks, so kann man die Stellen angeben, über denen sich im untersuchten Augenblick der vordere Gewitterrand befindet. Dies lässt auch die fortgesetzte Neubildung des Gewitters am Vorderrand verstehen. Ueber denselben Gegenstand berichtet Herr Ciro Ferrari¹⁾ in etwas anderer Auffassung. Statt der Isobronten, welche Herr von Bezold anwendet, weil der vordere Theil der Erscheinung besondere Kennzeichen besitzt, werden hier als Isochronen die Linien der Maximalphasen vorgeschlagen, da es leichter sei, die Höhe als Anfang oder Ende des Gewitters festzustellen. (?) Das Gewitter begleitet eine kleine Depression, welche im rückwärtigen Theile zu bleiben strebt. Die senkrechte Stellung des Windes zur Isobare wird bezweifelt, vielmehr im Allgemeinen angenommen, dass dessen Richtung meist vom Bujs-Ballot'schen Gesetz abweiche. Den Zusammenhang zwischen Isochronen, Isobaren und Isothermen setzte Ferrari 1882 auseinander. Natürlich wird, wenn auch dieser Forscher die Thatsache angab, dass jedes Gewitter eine kleine Depression sui generis sei, das Verdienst v. Bezold's, dies und damit Verwandtes in seiner Weise und auf Grund von Originaluntersuchungen oder Beobachtungen besonders für Bayern gezeigt zu haben, nicht vermindert,

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1883. XIX, 416–427.

ebensowenig als durch den Nachweis der betreffenden Depressionscentren von Lancaster¹⁾ die mehrfachen desfallsigen Aussprüche Koeppen's oder einschlägige Nachrichten aus Indien, speciell Bengalen, wo nach Elliot und Blanford²⁾ die Nordwestgewitterstürme regelmässig dieselben Erscheinungen zeigen.

Die Beziehungen zwischen Wind und Gewitter betrachtet u. A. Herr Kölbing,³⁾ welcher in neun Fällen Dove's Gesetz bestätigt. „Viermal war der Gang des Wetters so: SW. und fallendes Barometer; Gewitter mit NW.; nach dem Gewitter zweimal Rückkehr des Windes nach SW., aber dann Drehung nach NW. Abkühlung und mehr Regen. Das Barometer steigt. Auch ein fünfter Fall gehört hierher, wo bei herrschendem NW. der Wind sich nach SW. drehte, aber bald bei einem Gewitter aus NW. wieder zurückkehrte. Hier blieb das Barometer den ganzen Tag stille stehen. Ein sechster Fall gehört der fortgehenden Drehung an: nachdem am 28. Mai der Wind sich mit einem Gewitter von SW. nach NW. gedreht hatte, kam am 30., nachdem der bis N. gegangene Wind nach NW. zurückgekehrt war, ein Gewitter aus NW. und der Wind ging wieder nach N. In den drei übrigen Fällen kam das Gewitter bei herrschendem N. durch einen bei fallendem Barometer schnell einbrechenden S., worauf der Wind wieder nach N. zurückkehrte.“

97. Obwohl Volta's specifisch elektrische Hageltheorie, wonach das allmähliche concentrische Anlegen der Eisschichten und der lange Aufenthalt der Körner in der Luft sich erkläre durch Auf- und Abbewegen derselben zwischen zwei kalten parallelhorizontal verbreiteten Wolkenschichten als beseitigt gelten darf, ist doch die

¹⁾ Orages en Belgique 1878.

²⁾ Brief aus Simla vom 31. August.

³⁾ An. d. Phys. (138) 1844. LXII, 389.

verhängnissvolle Erscheinung so wesentlich mit elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre oder doch mit auf diese bezüglichen Veränderungen der Witterung verbunden, dass die eminent praktisch wichtige Frage hier nicht unberührt bleiben darf. Herr Julius Löwe¹⁾ sagt mit Recht, das Geistreiche jener Theorie anerkennend, dass grossartige Phänomene der Natur allein aus physikalischen Versuchen nicht erklärt werden könnten, sondern viele sorgfältige Beobachtungen und Erwägung aller einschlägigen Umstände forderten. Auf Anlass eines Hagelwetters am 2. August 1845 in Cronberg am Taunus versucht besagter Forscher eine Erklärung. Unter heftigem Gewitter erschien plötzlich in WSW. eine weissgraue Wolke, aus deren Mitte fächerförmige Strahlen nebeliger Massen schossen. Aus ihr, welche ziemlich tief nach NE. zog, hörte man prasselndes Geräusch; wenige Secunden darnach „stürzte eine ungeheure Hagelmasse mit furchtbarer Heftigkeit unter einem hohlen Windesheulen in wirbelnden Bewegungen“ herab. Die Wolke war so dicht, dass es dunkel um 6^h 30 Min. p. m. ward. Der Hagel währte bloß 5—7 Minuten, war aber massenhaft mit Körnern von 11—12''' Durchmesser nach einer Messung des Herrn Lehrers Becker, meist kugelrund, doch auch unregelmässig gestaltet, in einem eine Viertelstunde von Cronberg entfernten Walde angeblich vom Umfang einer Mannshand; so hart, dass sie beim Auffallen wie Glas sprangen. Schwefeliger Geruch sei während des Hagels bemerkt worden. Der auf 0 reducirte Luftdruck war vor und nach dem Sturme beziehentlich 324.6''' und 325.0'', die Temperatur 13.1 und 11.4° R. Regen gesellte sich erst gegen Ende dem Hagel bei und erreichte die Höhe 66''. Die Zerstörungen waren fürchterlich; darunter erscheint für die Mechanik des Windes

¹⁾ An. d. Phys. (156) 1850. LXXX, 305—313.

besonders bemerkenswerth, dass starke Bäume entwurzelt und auf die Krone gestellt wurden. Daraus, wie aus dem eigenthümlichen Windgeräusch und dem wirbelnden Niederfall der Körner schliesst Löwe, „dass die Hagelbildung auf einer Mitwirkung von Wirbelwinden beruhen müsse.“ Auch die Kugelform der Hagelkörner deutet auf Rotation bei der Entstehung. Sofern diese auf die mechanische und thermische Wechselwirkung der Polar- und Aequatorialströmung der Atmosphäre bezogen wird, wäre begreiflich, dass zwischen den Wendekreisen wie jenseits des 60. Breitenparallels so gut wie kein Hagel vorkommt, denn dort fliessen die erwähnten Passate noch übereinander ab; hier ist ihr Wärmeunterschied schon zu sehr ausgeglichen, als dass eine grössere Wirkung möglich wäre. Dies muss dagegen in der gemässigten Zone der Fall sein. In der That wurde daselbst bei Hagel oft das Wehen des Windes nach verschiedenen Seiten am wechselnden Wolkenzug festgestellt.

Die Beziehung der Elektricität zum Hagel wird durch eine allerdings einigermaßen problematische Annahme eingeleitet. Die Elektricität werde durch die Verdampfung der Luft zugeführt, wobei der Wasserdampf positiv, die Erde negativ sei. Bei Verdichtung der Dämpfe lagere sich die Elektricität auf der Wolke und trete in gegensätzliche Spannung zu anderwärtigen Ladungen. Liegen die Wolken sehr tief, was bei den hagelnden immer der Fall ist, so muss wegen der Nähe der negativ-elektrischen Erdoberfläche wie wegen der die leitende Vertheilung der Elektricität erschwerenden Eismassen die Spannung erheblich steigen und deshalb eine gewaltsame Ausgleichung erfolgen. Wir möchten, ohne auf die vielfachen über diese Sache ausgesprochenen Ansichten oder ihre Be- wie Verurtheilungen einzugehen, die direct nachgewiesene Existenz der Eiskrystalle in der Luft und die gleichfalls positiv dargethane oder wenig-

stens erschliessbare Möglichkeit sogenannter überkalteter Wolken-schichten, bei deren Durchfallen in Kürze massenhafte feste Ablagerungen an den aus Eiskrystallen gebildeten Graupelkörnern geschehen können, als Hauptmomente der Hagelbildung ansehen, wobei elektrische Ereignisse bei vielfältiger Friction zwischen Luft-, Wasser- und Eismolekülen Gelegenheit zum Auftreten und Mitspielen haben. Im Uebrigen beschränken wir uns auf Auswahl einiger besonderer Fälle aus dem ungeheuren Materiale der hierher gehörigen Erscheinungen. Am 14. Juni 1875 fiel zu Hausdorf in Kärnten Hagel, von welchem Herr Kaiser¹⁾ einiges Besondere bemerkt. Ohne Wind und Regen bei unheimlicher Stille unten hörte man oben Brausen (vulgo „Schäumen“). Die Körner hatten 1—3·5 cm im Durchmesser. Gestaltlich gab es Kugeln, Halbkugeln, eckige Brocken, elliptisch abgeschliffene Gebilde, concentrisch geschalte Sphäroide mit milchigem Kern, Conglomerate zusammengefrorener kleinerer Körner im Ganzen kugelig, bis dahin hier nicht vorgekommen. Die geographische Verbreitung des Hagels wurde in mustergiltiger nachahmenswerther Weise für die Schweiz²⁾ von Herrn Fritz in Zürich bearbeitet. Obschon die Unterscheidung von wirklichem Hagel und Graupeln nicht überall mit erwünschter Genauigkeit geschieht, darf doch im Allgemeinen das Durchschnittsverhältniss beider aus 100 Orten wie 1 : 1·9 angenommen werden. Jährlich fallen im Mittel 0·7 Hagel, 1·2 Hagel und Graupeln zugleich. Im Einzelnen fallen pro Jahr und Ort im Gebiete der Jura 11 (Hagel 1·2, Hagel und Graupel 2·1), zwischen Jura und Alpen 41 (0·8, 1·5), der Alpenthäler 31 (0·5, 1·2), der Alpenhöhen 13 (0·5, 1·0). Der Höhe nach ist die Vertheilung der Hagelfälle:

¹⁾ Z. d. öst. Ges. f. Meteorologie 1875. X, 211—212.

²⁾ Petermann's Geograph. Mittheilungen 1876. X.

Meter	Zahl der Orte	Hagel	Hagel u. Graupeln
250—600	35	0·8	1·3
600—1000	14	0·7	1·4
1000—1400	12	0·6	1·2
1400—1800	8	0·5	0·8
1800—2500	7	0·5	0·9

Das Maximum der Hagelfälle hat Juni, Maximum der Hagel- und Graupelfälle Mai. Seit 1701 besitzt man nur von 210 bedeutenderen Hagelschlägen einige nicht ganz sichere statistische Nachrichten. Nahe am Zürichersee und Rhein wurden Horgen und Meilen 15-, Staefa, Riesbach, Eglisau 12mal betroffen, Pfaffikon und Winterthur so gut wie nie geschädigt. Durchschnittlich scheint im Canton Zürich im Jahrhundert ein Ort zweimal verhagelt zu werden, und kommen in zehn Jahren auf 31·2 Quadratmeilen etwa zwölf grosse Hagelfälle. In den grossen Hauptthälern der Alpen ist Hagel selten, ebenso in denen des Rhein, der Rhône, des Engadin, von Aosta, Veltlin, Travers. In Wallis hagelt es oft 20, in Chur 40 Jahre nicht. Villeneuve, Vevey, Colly leiden wenig; Genf, der Jurafluss, das untere Veltlin, Chiavenna, Mendrisio, Lugano, Borgo-Franco, Ivrea, Cressier am Neuenburgersee, die Einsenkung zwischen Jura und Alpen viel. Nördlich der Alpen ist am meisten geschädigt der Raum zwischen Genfer-, Neuenburger-, Vierwaldstättersee, Aarthal und südlichem Bodensee. Vom Hagel sehr gefährdete und fast ganz freie Orte liegen indess oft nahe bei einander. Die der Wetterzugrichtung entgegenstehenden Vorberge werden stets am heftigsten getroffen, was Wessely auch für Oesterreich zeigte. Das Hochgebirge bleibt meist vom Hagel verschont. Für ganz Europa nimmt von W. nach E. wie die Regenmenge so auch die Zahl der Hagelfälle ab, das Verhältniss der Hagelfälle zu Hagel und Graupeln dagegen zu. Nach Kaemtz, Wesselowski, Fritz ist die Anzahl von Hagel und

Graupeln an der W.-Küste Europas 11—15, in Deutschland 5, Russland 3, des eigentlichen Hagels beziehentlich 1, 1·2, 1·5.

Am 29. Juni 1879 um 6^h p. m. fiel zu Basel Hagel, dessen Beschreibung durch Herrn Merian¹⁾ um so bemerkenswerther ist, als die Körner sehr ähnlich scheinen den nach Herrn Abich²⁾ bei Tiflis am 9. Juni 1869 gefallenen. Der Fall geschah bei völliger Windstille aus stark bewölktem Himmel senkrecht. Die grössten Eisstücke waren vom Durchmesser eines Zweifrancstückes, abgeplattet sphäroidisch, hatten einen milchigen Kern und eine klare Eishülle, woraus sechsseitige Krystalle mit rhomboëdrischer Abstumpfung hervorragten. Die Abichschen Hagelkörner waren etwa um ein Viertel grösser und reichte bei ihnen die milchige Eisstruktur bis an den Aussenrand, wo sich die klaren Krystalle ansetzten. Durch persönliche Freundlichkeit des Herrn Kohlrausch in Würzburg kam ich in Besitz zweier Gypsmodelle von Hagelsteinen, welche in jener Stadt am 30. Mai 1882 um 8^h 30 Min. p. m. fielen. Das grössere Stück hat elliptischen Umriss von der grossen Achse 7, der kleinen 6 *cm*; die Dicke beträgt 4 *cm*; die eine Fläche ist eben mit Fingereindrücken, die andere sphäroidisch gewölbt mit einigen vorspringenden scharfen Kanten. Am kleineren Stück, das beiderseits, abgesehen von einzelnen Vorsprüngen und Vertiefungen, flach erscheint, betragen obige Dimensionen beziehentlich 5·5, 5·0, 2·2 *cm*. Eine sehr seltsame Nachricht über „das Niederfallen von Steinen zusammen mit sehr grossem Hagel zu Broby in Westmanland, Schweden am 4. Juli 1883“³⁾ würde

¹⁾ An. d. Phys. (244) 1879. VIII, 669.

²⁾ An. d. Phys. (117) 1870. CXL, 475.

³⁾ Oefversigt af K. Vetenskaps-Akademiens Foerhandlingar 1884. VI.

ich fast zögern, hier mitzutheilen, wenn nicht eine naturwissenschaftliche Autorität ersten Ranges, Herr Baron A. E. Nordenskiöld, dafür einträte. Demselben wurden bei seiner Rückkehr aus Grönland durch Herrn Thomsen zu Broby milchweisse Quarzsteine vorgezeigt, zwischen Bohnen- und Haselnussgrösse, nicht abgerundet, sondern scharfeckig und kantig, mit gut erhaltenen Bruchflächen. Das Material ist in den Granitbergen Schwedens sehr verbreitet. Bei örtlicher Nachforschung ergab sich, dass der Hagelfall begann um 4^h 10 Min. p. m. am Vatebosee in Dalekarlien und nach SSE. ging bis zum Maelarsee, westlich der Stadt Enköping auf einem Bande 60 *km* lang, 7–10 *km* breit zwischen 60° 16' n. Br., 16° 30' e. L. (Greenwich) und 59° 37' n. Br., 16° 50' e. L. Südlicher kamen blos heftige Regengüsse zu Stande. Der Hagel war da und dort von verschiedener Stärke, am stärksten zu Forsbo, Oesterbennebäk, längs der Moeklintahöhe, bei Orresta, Bred und Broby. Sehr kräftiger N.-Wind wehte constant, zuweilen NNW., doch nirgend eine Spur einer Cyklone. In ganz Schweden herrschte zur Zeit ein fast constanter Luftdruck von 760 *mm* mit schwachem veränderlichen Winde aus S., SE., später E. Hohe Temperatur. Stellenweise Wärmegewitter. An den Ausbruchorten jenes Wetters traten nach allen vernommenen Augenzeugen zuvörderst schwarze Wolken in N. auf, welche mit schwerem Winde schnell herankamen unter Blitz und Donner nebst eigenthümlichem Rasseln. Kleineren Hagelkörnern folgten bald solche von Hühner- und Entenei-, oder Kartoffelgrösse, in der Form plattgedrückter Kugeln oder cylindrischer Scheiben, aus wechselnden Schichten klaren und weissen Eises, im Gewicht von höchstens 80–100 g. Bei Orresta sollen Platten, wie Stücke von Flusseis, gefallen sein. Der Hagel fiel schräg mit solcher Geschwindigkeit, dass Fensterscheiben nicht zertrümmert,

sondern durchlöchert wurden. An der gegenüberstehenden Wand befindliche Gegenstände wurden noch von den nicht zerspringenden Hagelkörnern beschädigt. Das Wetter währte 20 Minuten. In mehreren grossen Hagelkörnern sassen Quarzsteine von Enteneiergrösse. Solche, welche zu Broby ins Zimmer fielen, blieben nach Abschmelzung der Eiskrusten auf dem Stubenboden liegen, ohne Schmutzflecken zu hinterlassen. 5 *km* nördlich von Broby sammelte ein Arbeiter acht Hagelstücke, und fand in fünf derselben weisse Steine. Eine Frau, welche mehrere besonders grosse Hagelstücke in Milch zu deren Abkühlung legte, fand nachträglich zu ihrem Erstaunen neun weisse Steine darin. Im Ganzen wurden über 40 solche Mineralien als Einschlüsse von Hagelkörnern auf verschiedenen Plätzen gesammelt. Ihr Gewicht schwankte zwischen 0.9 und 5.8 g; das specifische Gewicht war 2.65. Das Material war weisser Quarz mit Spuren grünlichen Chlorits. Einmal fand sich etwas Feldspat, ein andermal eine braune Substanz. Der Quarz glich dem in den Granitbergformationen Schwedens vorkommenden, zeigte aber bei mikroskopischer Untersuchung dünngeschliffene Lamellen, viele Blasen und eingeschlossene Flüssigkeiten. Der Berichtstatter hält aus verschiedenen, mir indess nach der zugänglichen Darstellung nicht ganz klar gewordenen Gründen, Betrugerei wie Selbsttäuschung ausgeschlossen, allerdings aber auch eine Erklärung des sonderbaren Phänomens für unmöglich. Ein kosmischer Ursprung der Steine darf gegenüber dem durchaus terrestrischen Befunde kaum angenommen werden. Im Uebrigen ist keine Kraft bekannt, „die im Stande wäre, mit der Einsicht eines erfahrenen Mineralogen unter Massen von Steinen fast desselben specifischen Gewichtes nur reine Quarzsteine auszulesen und durch die Luft zu transportiren“. Unwillkürlich wird man erinnert an die künstliche Herstellung von Hagelkörnern um feste Kerne durch

den Nebelspray englischer Forscher. Bemerkenswerth ist der Vortrag von Herrn Schultheiss in der meteorologischen Gesellschaft zu München über die Gewitter und Hagelschläge, am 22. Juli 1886 durch einen grossen Theil Bayerns ziehend auf einer Bahn, 140 *km* lang, 5 *km* breit.¹⁾ In neuester Zeit verbindet Herr Dr. E. Suchsland²⁾ den Hagel mit elektrischen Meteoren durch eine gemeinsame Ursache. Zuvörderst werden die bisherigen Erklärungsversuche der Luft und Gewitterelektricität chronologisch, dann in Gruppen vorgeführt, je nachdem blos die Wetterwolke oder die Atmosphäre im Allgemeinen betrachtet ist oder das Hauptgewicht auf die letzte Ursache der Elektricitäts-erregung gelegt wird. Bemerkenswerth erscheint der Hinweis auf Erman's³⁾ Entdeckung, „dass der Boden durch Vertheilung den elektrischen Zustand der Körper zu Wirkungen veranlasst, die man irrig der Einsaugung von Luftelektricität zuschrieb“. Von 24 angeführten Hypothesen gehören 15 den letzten dreizehn, 12 den jüngsten vier Jahren an. Der Autor experimentirte mit sogenannten Volta'schen Conglomeraten. Mehrere hundert Schrotkörner und ungefüllte Zündhütchen wurden mit in verdünnter Schwefelsäure getränkten Seidenpapierkugeln gemengt, in einem Gazebeutel zusammengefasst, und so dem Galvanometer dargeboten. Stets ergaben sich zwei Punkte der kräftigsten Ablenkung. Nach diesen Forschungen, verbunden mit anderen Untersuchungen, unter anderen von Beetz und Grove über elektromotorische Gaswirkungen, vergleicht Suchsland die Gewitterwolken Volta's Conglomeraten, indem heterogene Gasmoleküle von Sauerstoff und

1) II. Beilage zur „Allg. Ztg.“ München 1886, Nr. 329.

2) Verlag v. H. W. Schmidt. Halle 1886.

3) An. d. Phys. 1803. XV, 385. — Kritische „Skeptische“ Beiträge zur atmosphärischen Elektrometrie.

Stickstoff zwischen kleinen Wassertröpfchen in unendlicher Fülle dicht gelagert seien. Weil die wolkenfreie Luft nie ganz ohne Wasserdampf ist, sind auch in ihr stets die Bedingungen schwacher elektrischer Ladung vorhanden, welche in den ungleich günstiger desfalls situirten Wolken natürlich weit kräftiger sich entwickelt. Bei besonders hoher Spannung erreicht in Uebereinstimmung mit Clausius' kinetischer Gastheorie die Temperaturerniedrigung in der elektroactiven Gewitterwolke einen solch hohen Grad, dass das Dunstwasser massenhaft in Eis übergeht. Da dies kaum je auf Einmal in der ganzen Wolkenbreite geschieht, sondern in verhältnissmässig schmalen Streifen längs einer Achse elektrischer Maximalspannung, welche gegen die Ränder hin meist schnell und bedeutend abfällt, so passt diese Auffassung ganz gut zu den erfahrungsgemässen, örtlich beschränkten, strichweisen Hagelverwüstungen. Sogenannte künstliche Gewitter, wie das 1845 in Florida über einem angezündeten Schilfgrasweiher ausgebrochene (was bei Steppenbränden in ähnlicher Weise öfter beobachtet ward) und die bei vulcanischen Ausbrüchen vorgekommenen lassen sich, wie Herr Alfred Kirchhoff¹⁾ mit Recht bemerkt, mindestens ebensogut nach Palmieri aus plötzlicher Wassergascondensation erklären.

98. Der Einfluss der Gewitter auf allgemein gesundheitliche Verhältnisse und Zustände einer Gegend oder Zeit ist nicht von den elektrischen Veränderungen allein herleitbar, sondern steht in Beziehung zu sämmtlichen mitbetheiligten oder nachfolgenden meteorischen Ereignissen. Da diese vornehmlich im Temperaturwechsel, in Winden und Niederschlägen einhergehen, die Wärme oder Kälte, Bewegung oder Ruhe, Trockne oder Feuchtigkeit der Luft, aber wesentlich das Wachs-

¹⁾ Leop. XXII, 14, S. 135—136.

thum der Pflanzen wie das Befinden der Menschen bedingen, ist begreiflich, ja nothwendig, dass starke Gewitter zu rechter Zeit höchst günstig in hygienischer Hinsicht wirken können, wogegen der gelegentliche, stets mehr oder weniger vereinzelte Schaden, welchen sie direct oder mittelbar stiften, so gut wie verschwinden möchte. Inwiefern im Einzelnen die elektrische Entspannung (Rückschlag) nervöse Reize sowohl, als Hemmnisse ausgleichen oder umgekehrt hervorrufen, bleibt wohl zur Zeit mehr der allgemeinen Erwägung als dem besonderen Nachweis überlassen. Ob chemische Veränderungen in der Atmosphäre, namentlich betreffs der Oxydationsstufen des Stickstoffes der Löslichkeit pflanzenernährender Bodenbestandtheile günstig wirken, darf theoretisch kaum bezweifelt werden, ist aber vermuthlich praktisch von keiner höheren Bedeutung, weil ein, wenn wirklich einen Causalnexus verrathender, besserer Fortschritt der Vegetation in gewitterreichen Jahrgängen, in den damit wesentlich verbundenen Witterungsvorgängen genügende Begründung findet. Wären die gewitterreichsten Gegenden, denn ein etwa zeitlich bewiesener Zusammenhang müsste sich wohl auch räumlich erkennen lassen, auch die fruchtbarsten, so wären sie freilich zum Ausgleich die gefährdetsten durch Hagel, dem häufigen Begleiter heftiger Gewitter. Streng erwiesen ist dies jedenfalls nicht. Wenn aber auch da und dort Solches desfallsigen Berichten über empfindliche Schädigungen entnommen werden wollte, so ist eben nicht zu vergessen, dass aus sterilen Landschaften naturgemäss weniger derartige, Sensation machende, Mittheilungen einlaufen können.

III. Kosmische Elektrizität.

99. Die kosmische Bedeutung der Elektrizität,¹⁾ insbesondere deren Bethätigung an der Sonne mit mehr oder weniger directen Einflüssen auf die meteorischen Schicksale der Erde kommt zu immer deutlicherer Anerkennung. Schwankungen der Magnetnadel, Erdströme, wolkige Polarbanden, Nord- und Südlichter stehen in fast unabweisbarem Zusammenhang. Schon Sabine glaubt an eine solare Einwirkung auf den magnetischen Zustand der Erde. Secchi denkt sich eine solche keineswegs unmittelbar herleitbar aus Gegenwart eisenhaltiger Erze oder sonst wie stofflich angehäufter magnetischer Kräfte an der Sonne, sondern so, dass deren elektrische Ströme dynamisch zur Erde fernwirken. Zum Auftritt elektrischer Solarströme von S. gegen N. müsste nur vorausgesetzt werden, dass tiefe Schichten leicht beweglicher Massen, vermuthlich gasigen Aggregatzustandes, vorhanden sind; eine Mittelschicht circular zwischen den Polen sich verbreitet, welche Influenzerscheinungen zulässt, während unten und oben beziehentlich positive oder negative Elektrizität besteht; der elektrische Zustand erscheint dann als Resultat

¹⁾ An. d. Hydrographie u. marit. Meteorologie 1886. IV. — Naturforscher 1886. XIX, 302–304.

der Zusammenwirkung der zu unterst gelagerten Metalle, der die Mittelschicht bildenden Metalloide und der obersten mit Metalldämpfen gemischten Gase. Die Metalloide unterhalten wahrscheinlich eine Strömung am äusseren Rande der Kugelschale von S. nach N., innen von N. nach S.; bei Mithilfe elektrolytisch befreiter Gase und Metalldünste. Die unteren Lagen der permanenten Gase können als elektropositiv gelten, während der vorwiegend metallene Sonnenkern negative Ladung besitzt. Die Metalldämpfe vermitteln in den Metalloiden Elektrizitätsvertheilung; deren tiefste Schicht ist positiv geladen wegen Nähe des negativen Kernes. Von den positiven Gasen abgestossen, steigen die Metalloide empor, verlieren dabei den grössten Theil ihrer Ladung und empfangen dieselbe allmählich in negativer Form zurück durch den Einfluss der positiven Gase. Am Nordpol strömt negative Elektrizität aufwärts, die Metalloide sinken zur Grenzfläche ihres Gebietes nieder. Die in N. und S. frei gewordenen Elektrizitäten vereinen sich in den höchsten leitenden Gasschichten, womit eine süd-nördliche Strömung entsteht, aus welcher der irdische Magnetismus und die Polarlichter herleitbar sind. Für die magnetische Fernwirkung des Sonnenstromes ist dessen Intensitätsänderung wie der Einfluss der Erddrehung zu berücksichtigen. Am Morgenmeridian, an welchem Annäherung der Erdoberfläche zur Sonne stattfindet, werden Ströme inducirt, welche dem Sonnenstrom entgegen von N. nach S. laufen; umgekehrt gehen die Inductionsströme am Abendmeridian wegen Abstandsteigerung von Sonnen- und Erdoberfläche von S. gegen N. Gleichzeitig in rotirenden Kugelschalen entstehende Meridian- und Aequatorialströme ändern die magnetische Declination und Inclination. Wegen der Continuität des Sonnenstromes fliesst an den Erdpolen beständig Elektrizität aus in Form der blos in der Stärke wechselnden

Polarlichter, welche 1878—1879 Nordenskiöld auf der Beringstrasse andauernd gesehen in schwach leuchtenden Bogen. Sie beweisen die grössere Stärke der längs der Parallelkreise ziehenden elektrischen Ströme an den Polen gegenüber denen am Aequator. Die in Flecken und Fackeln sich kundgebende Steigerung der Sonnenthätigkeit verstärkt die Intensität des Sonnenstromes, secundär aber auch die Erdströme und hiermit das Polarlicht, erhöht ferner die Amplitude der Nadelschwingungen aufs doppelte. Im Sonnenfleckmaximum bei höchst gesteigerter Solarthätigkeit sind die magnetischen Störungen am grössten und häufigsten. Die in den äusseren terrestrischen Schichten inducirte elektromotorische Kraft übertrifft die rotatorisch erzeugte, erscheint nicht an bestimmte Zeiten gebunden, und veranlasst die irregulären Störungen in Erdstrom, Nadelschwankung, wie Polarlicht. Es ist hier vielleicht am Platz, die angeblichen Beziehungen der letzteren Erscheinung zum Monde¹⁾ zu erwähnen. Sowohl 1864 durch Herrn Fritz als 1882 von Tromholt wurde erkannt, dass die Beleuchtung wesentlich und überwiegend massgebend erscheint.

100. In nicht weit zurückliegender Zeit war, abgesehen von der Sonne, als Beherrscherin der Wärme und des Lichts, die Beziehung kosmischer Kräfte zur Erklärung meteoroklimatischer Vorgänge auf der Erde bis zum Verschwinden aufgegeben. In letzter Zeit wurde dies anders, und zwar vornehmlich durch die fortschreitende Erforschung der Elektrizität, in Verbindung mit aufmerksamer Vergleichung solarer und terrestrischer Ereignisse. Jene weit verbreitete und viel betheiligte Kraft wurde in kosmischer Hinsicht

¹⁾ S. Tromholt, Einige Untersuchungen über die vom Monde abhängige Periode des Nordlichtes in Christiania. — Vedensk, Forhandl. 1832. XIV.

zuvörderst bei den Kometen in Betracht gezogen. Während deren Kerne im Allgemeinen den Gesetzen der Astronomie, soweit sie im Gravitationsprincip oder vielleicht im Aetherdruck begründet sind, folgen, müssen deren Schweife wohl einer eigenthümlichen, die Schwere weit übertreffenden Repulsivkraft gehorchen, welche Olbers (?), de Luc¹⁾ und Bellani²⁾ der elektrischen Abstossung analog hielten. Zöllner³⁾ leitet eine Erregung von Elektrizität auf den Kometen her vom Sieden ihrer Kohlenwasserstoffmasse in Sonnennähe. Die elektrisirten Dämpfe würden von der gleichnamigen Solarelektricität abgestossen und bilden den Kometenschweif, dessen Licht elektrischen Ursprunges sei. Herr Zenker wendet dagegen ein, dass die Entwicklung der Elektrizität bloß in der Scheidung zweier vorher vereinigter Zustände oder Kräfte besteht, demnach die an der Sonne freiwerdende Elektrizität nichts Anderes thun könne, als zwei concentrische Kugelschalen entgegengesetzter Elektrizität hervorzurufen, deren beiderseitige Fernwirkung sich aufhebe. Zöllner bestreitet indess, dass die Träger entgegengesetzter Elektrizitäten in gleicher Dichte und Leistungsfähigkeit auf der Sonne verblieben; vielmehr harre an dieser nur die negative aus, die positive gehe mit den aufgeschleuderten Dämpfen wirkungsvoll in den planetarischen Raum über. Ueber die Entstehung der hier in Anspruch genommenen Elektrizität wird keine bestimmte Vermuthung ausgesprochen, es fehlt aber jedenfalls an Gelegenheitsursachen nicht; Temperaturunterschiede wie Aenderungen und Uebergänge zwischen verschiedenen Aggregatzuständen sind im Weltraum genugsam vorhanden.

¹⁾ Astr. Jahrb. 1803. S. 92.

²⁾ Journ. d. Phys. XCI, 401.

³⁾ Ueber die Natur der Kometen. Leipzig 1872.

Namentlich dürfte bei den Ballungen der kosmischen Nebelmaterie zu abgeschlossenen Weltkörpern viel Anlass zur Elektrizitätsentwicklung gegeben sein. Insbesondere leitet Herr F. Exner¹⁾ auf Grund der Kant-Laplace'schen Hypothese für die Entstehung des Sonnensystemes den Schluss ab, „dass jeder Himmelskörper ein bestimmtes Potential in Bezug auf die entfernten Punkte des Weltraumes haben müsse, also auch die Erde. Dieses Potential ist die Folge einer Ladung, die einem Ueberschusse an Elektrizität entspricht und das elektrische Feld, welches solcherweise z. B. um die Erde entsteht, hängt nur ab von der Grösse und dem Vorzeichen dieser Ladung. Aehnlichen Hypothesen trat auch Herr W. Siemens²⁾ nahe, indem die Verwendbarkeit eines elektrischen Sonnenpotentials zur Erklärung terrestrischer Phänomene, insbesondere unter Hinzunahme der mechanischen Störungen des atmosphärischen Gleichgewichts, räthselhafter meteorologischer Erscheinungen besprochen wird. Werner Siemens geht mit Berufung auf seine bekannte Erfahrung auf der Cheopspyramide aus von der allerdings nicht unbeanstandeten Theorie seines Bruders Sir William Siemens, dass der Sonne ein hohes elektrisches Potential zukomme, entstehend und erhalten durch die am rotirenden Sonnenkörper stattfindende Reibung der freilich nur hypothetischen Ströme von Stoffen, welche durch die Solarwärme dissociirt, einen stets wiederholten Kreislauf vom Sonnenäquator in den Weltraum und von da zurück an die Pole der Sonne ausführten. Unter Anderem könnte hierdurch vielleicht das Zodiakalphänomen als leuchtende elektrische Aus-

¹⁾ Exner (früher Carl), Repertor. d. Physik. München und Leipzig 1886. XXII, S. 413.

²⁾ Sitzungsber. d. Akad. d. Wissen. Berlin 1883. III, 31. — An. d. Phys. (256) 1883. XX, 108—136. — (264) 1886. XXVIII, 263.

strahlung erklärt werden. Der von der Photosphäre isolirte Sonnenkern kann die eine Elektrizitätsart festhalten, während die andere durch Convection im Weltraum verbreitet, die Planetenbahnen so weit überragt, dass auf diese Körper das elektrische Solarpotential merkbaren Einfluss geltend macht. Faye und Hirn bringen freilich zur Erwägung, dass wegen unveränderlicher planetarischer Umlaufzeit der kosmische Raum keine Materie enthalten darf. Zur Triftigkeit dieses Einwandes wird jedoch relative Ruhe des kosmischen Mediums gefordert. Dagegen scheint die Sonnenatmosphäre, über deren räumliche Erstreckung so gut wie nichts bekannt ist, mit dem Sonnenkörper gleiche Umlaufzeit zu haben, indem sich etwaige Differenzen durch Reibung ausgleichen. Ein Bewegungswiderstand im interplanetarischen Medium fände daher höchstens wegen der Bahnneigungen statt. Hierauf, wie auf sonstige mechanische Verhältnisse näher einzugehen, wäre indess mehr von astronomischem als elektrischem Interesse. Ganz dem letzteren verfällt allerdings der Mechanismus der solaren Elektrisirung, aber derselbe erscheint bis dahin in so hohem Grade hypothetisch, dass eingehendere Studien darüber hier kaum am Platze sein dürften. Die Photosphäre mag wohl als elektrisch leitsamer Mantel den heisseren Sonnenkern einhüllen, ihrerseits jedoch durch die ausstrahlenden Flammenspitzen gasförmiger Verbrennungsproducte in den Weltraum continuirlich entladen werden. Reibung oder chemische Wechselwirkung kann zwischen Photosphäre und leitendem Sonnenkörper genugsam vorgehen, um letzteren zu elektrisiren. Werden die tieferen Schichten des Sonnenkernes als metallisch, also mit verschwindend kleiner Polarisation behaftet angesehen, so darf der Oberfläche der im kritischen Molecularzustande schwebenden Sonnenmasse ein elektrisches Potential zugeschrieben werden, während der Hauptsitz der solaren Elektrizität

in der Photosphäre anzunehmen ist.¹⁾ Besteht eine durch die Flamme selbst erzeugte Potentialdifferenz in ihren verschiedenen Zonen, an denen die Verbrennung beginnt und endet, so wären bei der Sonne hinlänglich Unterschiede der Wärme und Dichtigkeit vorhanden, um als elektrische Ursachen angesprochen zu werden. Ein elektrisches Sonnenpotential muss auf alle Himmelskörper vertheilend wirken. An der Erde wird die Zerstreuung der hiermit entstandenen freien Elektrizität sowohl durch die grosse Verdünnung der oberen Atmosphäre als von den thermal wie hygroskopisch verschieden qualificirten Luftströmen begünstigt. Sichtbares Zeichen davon geben die Polarlichter, welche den elektrischen Ausgleich darstellen dürften zwischen der solar ausgeströmten negativen und der tellurisch befreiten positiven Influenzelektrizität. An den Polen findet dies Phänomen deshalb statt, weil hier die Luft besonders stark elektrisch ist wegen beständiger Zufuhr der Elektrizität der höchsten Luftschichten mittelst der äquatorialen Strömungen. Als nothwendige Folgen der aurealen Ausgleichungen erscheinen die Erdströme, welche elektrodynamisch die Magnetnadel beeinflussen. Wirkt mechanisch fortbewegte Stationärelektrizität²⁾ elektrodynamisch, so muss die rotirende, oberflächlich mit dichter Elektrizität beladene Erde magnetische Erscheinungen zeigen, wie wenn sie in ruhendem Zustand von elektrischen Strömen umkreist wäre. Die Dichte der Sonnenelektrizität braucht bei den gegebenen Dimensionen von 11.483 Erdoberflächen und 22.934 Erdhalbmessern für den solarotelluren Abstand höchstens doppelt so gross zu sein, wie die an der Erde, um dieser eine zur Erklärung der Erscheinungen aus-

¹⁾ Siemens, Versuche über die elektrischen Eigenschaften der Flammen.

²⁾ Rowland, Berliner Berichte 1876. S. 211—216.

reichende elektrische Ladung zu geben. Wäre die letztere ganz gleichmässig vertheilt, so würden magnetische und geographische Pole zusammenfallen. Die Nichtcoincidenz derselben beweist, dass die Elektrizität ungleichförmig an der Erde verbreitet ist, was auch den oro- und hydrographischen Verhältnissen entspricht. Der Hauptsitz der tellurischen Elektrizität dürfte an der Aussenfläche des glühenden, wohl grossentheils metallischen, also gut leitenden Erdkernes zu suchen sein. Eine ins Kleinste eingehende Herleitung aller einschlägigen Erfahrungsthat-sachen von den theoretischen Annahmen ist zur Zeit unmöglich, aber in den Grundzügen liegt nichts Widersprechendes vor. Insbesondere lassen sich die regelmässigen Störungen im Tagesverlauf des Magnetismus leicht daraus erklären, dass die Influenzelektrizität an der der Sonne zu- oder abgewendeten Erdseite an Dichte nicht gleich sein kann. Indem diese Dichtigkeitsunterschiede mit der Erddrehung vorschreiten, mögen darin die äquatorialen Erdströme bedingt sein. Eine andere Reihe von Abweichungen möchte zurückführbar sein auf die Rückwirkung in der irdischen Influenz von Seite der Mondelektrizität. Die säcularen Lagenänderungen der Magnetpole müssten freilich auf zur Zeit unzugängliche Verhältnisse der kosmischen Elektrizität bezogen werden.

Das elektrische Sonnenpotential kann auch mit der Luftelektrizität in Zusammenhang gebracht werden. Bildet die Erde mit der Sonne einen elektrischen Sammelapparat, dessen scheidendes Dielektricum die Gas-hülle jener beiden nebst dem Interplanetaräther bildet, so erwächst der festen Erde genügende negative Ladung, um die gewöhnliche atmosphärische Elektrizität mit ihren Variationen abzuleiten. Die gewaltigen Massen der in Gewittern plötzlich befreiten Elektrizität finden gleichfalls eine unerschöpfliche Quelle in der elektrischen Ladung der Erde durch Sonneninfluenz. Die Gewitter-

wolken bilden Schirme über Theilen der Erdoberfläche, deren Elektrizität jene nicht merklich beeinflusst, so lange die Dunsttheilchen weit auseinander und nach aussen hin isolirt liegen. Bei stärkerer Verdichtung aber verfällt die Wolke kräftiger elektrischer Vertheilung, entweder indem aufsteigende Nebelwirbel zu hochschwebenden Wolken leitende Verbindung herstellen, und eine ungeheure Dunstmasse entsteht, unten mit der Erde entgegengesetzt, oben gleichnamig geladen; oder indem die Wolkenbank mit der Erde leitend verbunden wird, demnach deren Elektrizität annimmt. Da dies am leichtesten und öftesten an Bergwänden stattfinden wird, erklärt sich der gewitterbildende Einfluss der Gebirge. Diese oder Ballonfahrten bieten die besten Anlässe zu directen Beobachtungen von Gewitterentstehungen. In letzterer Hinsicht berichtet Herr Wite,¹⁾ dass von zwei 2000' übereinandergelagerten Wolkenschichten die obere der unteren Regen, Schnee und Hagel zusandte, während zwischen ihnen gelbliche Lichtwellen geräuschlos hin und her gingen. Blitz und Donner kamen aus der unteren Wolke; darüber schien aber das Gewitter stärker. In ersterer Beziehung machte eine interessante Erfahrung²⁾ Herr Lungwitz. An einem wolkenlosen Julinachmittag hatte er mit mehreren Begleitern den Koppenkamm des Riesengebirges bestiegen und sich 1391 *m* hoch am oberen Rande des 26 Morgen grossen Teiches gelagert. Um 4¹/₂^h stieg von diesem schwacher Nebel auf, langsam über die Ufer und in die Höhe gehend, auch dichter werdend, zuvörderst indess die Fernsicht nicht versperrend. Die Gesellschaft brach auf und schritt gegen die Koppe zu längs des Kammes fort. Nach einer halben

¹⁾ Fortschr. d. Physik 1852. S. 762.

²⁾ Reimann, Gewittererscheinungen im Riesengebirge. — Meteorolog. Zeitschr. Berlin 1886. III, 249.

Stunde wurde sie vom Nebel erreicht und von ihm binnen der nächsten Viertelstunde vollständig eingehüllt. Heftiger Wind wehte aus W. Schwacher, doch anhaltender Donner war anfangs nicht von sichtbaren Blitzen begleitet. Wohl aber erhellten nach 10 Minuten fast horizontale, von starkem Donner gefolgte Blitze das ganze Gewölk. Während der nächsten Viertelstunde wiederholten sich diese nicht bloß häufig, sondern es kamen in allen Richtungen kurz und scharf knallende Blitze zu Stande und fuhren auch solche aus dem 173 *m* tiefer liegenden Teichschlunde herauf. Es schien den Betroffenen rathsam, trotz Regen und Kälte auf dem Boden hingestreckt, die gefährlichste Situation abzuwarten. Nach Abzug der Gewitterwolke erreichten die Herren bei heiterem Himmel und empfindlicher Luftkühle den Gipfel und sahen die ferne Wolke am Koppenkegel nach rechts ins Böhmisches hinziehen. Eine zweite Wolke wirkte bei dieser Gewitterentstehung nicht mit und erscheint solche kaum wesentlich.

Der Annahme des elektrischen Sonnenpotentials sind die Beziehungen zwischen Sonnenflecken und tellurischmagnetischen Störungen günstig. Jene könnten als Grössenmass solarer Verbrennungsthätigkeit dienen, insofern sie zum Sonnenkörper zurückkehrende Strömungen sind der in der Photosphäre verbrannten Stoffe, welche an mittleren Sonnenbreiten leicht in wirbelnde Bewegungen versetzt werden können. Mit der Steigerung der Verbrennungsthätigkeit, in erfahrungsgemäss 11jährigen Perioden, steigt der Abfluss der solaren Elektrizität, hiermit das Potential, also auch die damit verbundene Erscheinung der Erdströme, Polarlichter und magnetischen Schwankungen. Die Periodicität könnte wohl bedingt sein in zeitweiligen Revolutionen der solaren Gashülle, welche ihrerseits am einfachsten von localen Temperaturdifferenzen, optischen und thermalen Strah-

lungen veranlasst werden. Dagegen scheint dem elektrischen Sonnenpotential zu widersprechen, dass die neben der astronomisch anerkannten Gravitation kosmisch wirkenden elektrischen Kräfte bis dahin mechanisch nicht erkannt wurden. Da indess letztere nach demselben formalen Gesetze wie die Schwere oder der Aetherdruck wirken, bleiben bezüglich der Abstände die planetarischen Bahnen ganz unverändert, wenn beiderlei Arten der Einflüsse agiren. Die allerdings in diesem Falle einer Modification unterliegenden Massenrelationen werden vielleicht bei schärferer Inbetrachtung einer elektrischen Oberflächenfunction als eigenthümliche Störungen aufgefunden, welche einen von der Astronomie beigebrachten Beweis für das Potential einer solaren Elektrizität darstellen könnten.

Speciell für die atmosphärische Elektrizität bringt Herr Franz Exner¹⁾ die Potentiale der Himmelskörper in Anwendung. Nach der Kant-Laplace'schen Hypothese der Entstehung des Sonnensystemes muss jedes Gestirn ein bestimmtes Potential in Bezug auf die entfernten Punkte des Weltraums besitzen, als Folge einer überschüssigen elektrischen Ladung, deren Grösse und Art das Gebiet elektrischer Wirksamkeit bestimmt. Das elektrische Sonnenpotential ist ohne Zweifel viel grösser als dasjenige der Erde, das zum grössten Theile jenem entstammt; demungeachtet aber sind die Beobachtungen über terrestrische, speciell atmosphärische Elektrizität vom ersteren so gut wie unabhängig, weil der Theil des Weltraums, in welchem die Erde sich zeitweilig befindet, hinsichtlich der bei den elektrischen Messungen statthabenden räumlichen Unterschiede als homogen gelten darf. Die Erde ist also eine im Raume

¹⁾ Wiener Akad. 1886. XCIII, 222. — Repertor. d. Phys. 1886. XXII, 412, 451.

isolirte elektrisch geladene Kugel (Peltier), welcher Annahme die einschlägigen Erfahrungen entsprechen. Herr Exner stellt dieselben theils nach literarischen Quellen, theils auf Grund eigener Forschungen so vollkommen dar, als dem Stande der gegenwärtigen Wissenschaft gebührt. Wir gehen hier nicht näher darauf ein, weil das Thatsächliche an früheren Stellen genügend berücksichtigt wurde. Bemerkenswerth ist, dass Erman¹⁾ als Vorläufer von Peltier erscheint bezüglich der Ansicht, dass alle atmosphärialelektrischen Erscheinungen durch Induction seitens der Erdelektricität herzuleiten seien. Von Späteren schliessen sich vornehmlich an Peltier der oft hier citirte deutsche Forscher Dellmann und Quetelet,²⁾ ferner Palmieri.

Thomson³⁾ stellt sich zwar in Widerspruch zu Peltier, indem er neben der negativen Erdladung den oberen Luftschichten wesentlich positive Elektrizität zuschreibt, giebt indess später zu, dass jene erstere allein zur Erklärung der Erscheinungen hinreiche. Pellat⁴⁾ stimmt unbedingt der Peltier'schen Hypothese bei; ebenso Exner selbst, nachdem er nicht blos originale Stützen derselben beibringt, sondern auch deren Concurrenten aus dem Felde schlägt. Von diesen, welche meistens früher selbständig gewürdigt wurden, seien hier nur noch die kosmisch angehauchten flüchtig erwähnt. Priestley erklärte den Weltraum ohne nähere Beweise oder Folgerungen für negativelektrisch. Becquerel⁵⁾ lässt die Lufterlektricität aus den solaren Wasserstoffausbrüchen entstehen, von denen Faye⁶⁾ ein directes

¹⁾ An. d. Phys. 1803. XV, 385—418.

²⁾ Bull. d. Brux. 1849. XVII.

³⁾ Proc. Roy. Inst. 1860. — Soc. of Telegr. Eng. 1874. III.

⁴⁾ J. d. Phys. (2) IV, 1885.

⁵⁾ Compt. rend. 1871, LXXII. 1872, LXXV.

⁶⁾ Compt. rend. 1872, LXXV.

Gelangen bis zur Erde annimmt. Mühry¹⁾ sucht die elektrische Quelle in thermaler Insolation. Betreffs der am geeigneten Platze schon besprochenen Unipolarinduction Edlund's möge hier folgen, was Herr Hoppe²⁾ aus den Arbeiten Plücker's³⁾ beibringt: Betrachten wir die Erde als einen natürlichen rotirenden Magnet, dessen Achse mit derjenigen der Drehung zusammenfällt, so tritt an beiden Polen die positive, unter dem Aequator die negative Elektrizität auf, während eine Indifferenzzone dazwischen liegt. Die Frage nach der kosmischen Bedeutung dieser elektrischen Ansammlungen liegt so nahe, dass ich sie nicht ganz unberührt lassen kann. Sollten nicht die Polarlichter damit in Zusammenhang stehen? Sollte nicht die negative Elektrizität in der heissen Zone, von den in Menge aufsteigenden Wasserdünsten getragen, eine reiche Quelle atmosphärischer Elektrizität abgeben? Sollte nicht in höheren Breiten, ebenso nur der geringeren Verdunstung wegen in schwächerer Masse, die positive Elektrizität in die Luft aufsteigen? Dann müsste freilich die ursprüngliche Elektrizität der Wolken in der heissen Zone die negative, in der kalten die positive sein. Dagegen schliesst Exner aus seinen Betrachtungen und Versuchen, dass die überhaupt existirende Elektrizitätsart wesentlich negativen Charakters sei und der absolute Nullpunkt der Elektrizität bei 4×10^9 Volts liege.

Wir haben in beiden letzten Nummern etwas ausführlicher einige an verschiedenen Stellen des Textes berührte Fragen nach den neuesten Forschungen behandelt, weil darin einen deutlichen Ausdruck gewinnt das Einheitsbestreben physikalischer Anschauungen. Wie

¹⁾ Zeitschr. f. Meteorologie 1873, VIII.

²⁾ An. d. Phys. (264) 1886. XXVIII, 478.

³⁾ An. d. Phys. (163) 1852, LXXXVII, 352.

im Allgemeinen die Vielfachheit stofflicher Wesen sowohl als der an ihnen zu Tage tretenden Krafterweisungen auf einfache Erscheinungsformen zurückgeführt werden will, so strebt auch die meteorologisch physische Erdkunde darnach, einen Centralpunkt ihrer vielfältigen Phänomene zu finden. Was früher mehr auf Grund theoretischer als empirischer Erwägungen geschah und weder sichtlichen Erfolg noch dauernde Anerkennung fand, erscheint jetzt auf dem Boden thatsächlicher Untersuchungen als berechtigtes aussichtsvolles Streben. Vielleicht belohnt dasselbe die Erkenntniss der Urkraft alles natürlichen Geschehens in der Elektrizität.

Schlusswort.

Diese Schrift wurde veranlasst durch eine Einladung des Herrn Hartleben, Verlagsbuchhändler in Wien, am 10. August 1885 zur Mitarbeiterschaft an der „Elektrotechnischen Bibliothek“. Als Ergebniss der daran geknüpften Verhandlungen kamen Verfasser und Verleger am 21./30. December 1885 zur Lieferung eines Buches überein: „Die Elektrizität in der Witterungskunde“ mit meinerseits folgendermassen entworfenem Programm: I. Die Elektrizität als tellurometeorologische Kraft. 1. Magnetische Eigenschaften der Erdrinde. 2. Die elektrischen Ströme der Erde. 3. Die Elektrizität der Luft. 4. Das Gewitter. II. Elektrometeorologische Instrumentaltechnik. 1. Erforschungsapparate der magnetischen und elektrischen Eigenschaften in Erde und Luft. 2. Schutzvorrichtungen gegen Elektrizitätseinflüsse. 3. Anwendung der Elektrizität zu selbstregistrirenden Apparaten der Meteorologie. 4. Die elektromagnetische Telegraphie im Dienste der Sturmwarnungen und internationalen Meteorologie.“ Später erfuhr ich, dass in jener naturwissenschaftlichen Büchersammlung erschienen oder vorbereitet waren: Palmieri; Discher, Die atmosphärische Elektrizität; 1884. v. Urbanitzky, Blitz- und Blitzschutzvorrichtungen; 1886. Gerland, Die Anwendung der Elektrizität bei registrirenden Apparaten; 1887. Da hiermit I., 3., 4. theil-

weise, II., 2. 3. voraussichtlich so gut wie ganz erledigt schien, gab ich meiner Schrift im Einverständniss mit dem Herrn Verleger den gegenwärtigen Titel. Der Inhalt wurde hiermit vornehmlich theoretisch, zum Theile hypothetisch; allerdings überwiegend terrestrischen Forschungen entnommen, doch für die Herleitung vieler Erscheinungen aus kosmischen Kräften auf einen Untersuchungsweg angewiesen, welcher neben empirischen speculative Methoden fordert.

Im Allgemeinen ist dies unbedenklich. Der Materialismus der modernen Naturwissenschaft liegt ja keineswegs in der Ablehnung aller idealen Momente. Vielmehr spielen diese eine hervorragendere Rolle, als die Halbkenner, welche am lautesten über Entgeistigung der Naturforschung klagen, begreifen oder zugeben. Niemand sah Atome oder einfache Lichtwellen, aber der Physiker glaubt an sie. Keiner vermag den unmittelbaren Zusammenhang der mathematischen Formeln mit den ihnen entsprechenden realen Vorgängen zu enthüllen. Alle aber erschliessen mit felsenfestem Vertrauen auf die Consequenzen einer thatsächlichen Logik aus dem Calcul die physikalischen Gesetze. Nothwendig ist nur, dass die Speculation von Thatsachen ausgeht und im Anschluss an diese weiterschreitet, unmotivirte Sprünge meidet, und bei wirklich unvermeidlichen Hypothesen ihren provisorischen Charakter wie die Verbesserungsfähigkeit anerkennt. Speciell kosmologische Annahmen leiden an der, unter Umständen ins Unendliche gesteigerten, Schwierigkeit ihrer unmittelbaren Prüfung. Besonders diejenige einer kosmischen Elektrizität ist noch lange nicht zum Abschluss fähig. Ich gebe daher das darauf Bezügliche in literarhistorischer Form, eine kritische Zusammenfassung der Zukunft vorbehaltend. Auch dem tellurischen Untersuchungsmateriale gegenüber stelle ich die Entwicklungsgeschichte in den Vordergrund,

den Einzelforschungen indess nach ihrer Bedeutung gerecht werdend. Meine wissenschaftliche Laufbahn und Thätigkeit gab mir Gelegenheit, das Einschlägige durch eigene Beobachtungen und Versuche zu prüfen. Seit mehr als 30 Jahren an höheren Lehranstalten wirkend, die längste Zeit und noch jetzt am k. Lyceum in Bamberg, dem auf philosophische und theologische Facultät beschränkten Reste der hier bis 1806 bestandenen Universität, arbeitete ich während drei Decennien an meteorologischen Beobachtungsreihen, deren Ergebnisse hiesigen Blättern, den Acten der Centralstation zu München, den Wetterberichten der Hamburger Seewarte, und den Publicationen des „Office of the Chief Signal Officer of the Army of the United States“ in Washington über internationale Simultanobservationen einverleibt sind. Gegenwärtiger Text enthält meinerseitige Specialbeiträge über den Ozongehalt der Luft (S. 121—123), Blitzröhren (S. 172—173), Blitzspectra (S. 181—183), Blitze ohne Donner (S. 188). Alles anderweitige Beobachtungsmaterial ist gewissenhaft zur Quelle zurückgeführt mit meist originalen, selten secundären Literaturbelegen. Von dem an der Erde selbst Constatirbaren auf immer weiteren Kreisen schreitend gelangen wir in den Weltraum. Dorthin die Elektricität zu verfolgen, entspricht den Einheitsbestrebungen in der Betrachtung physikalischer Kräfte. Schwere, Licht, Wärme auf die Erde zu beschränken, ist unmöglich; auch der Elektricität darf das kosmische Heimatsrecht nicht vorenthalten werden, denn sie bewährt sich als Weltkraft. Sie ist wahrscheinlich gebunden an den ätherischen Träger imponderabler Erscheinungen, und ausgeprägt in, allerdings noch des Nachweises harrenden, Formen der allgewaltigen Schwingung.

Alphabetisches Sachregister.

- | | |
|--|--|
| Absorptionsspectrum 105. | Bäume 163. |
| Abweichung der Nadel 1. | Beobachtungen des Ozongehalts 115. |
| Accumulatoren 157. | Bergluft 107. |
| Aequator 28. | Berührung zwischen Luft und Wasser 87. |
| Aequatorialstrom 28. | Bifilar-Elektrometer 54. |
| Aequinoctien 11. | Blitz 137. |
| Aequivalentcurven 6. | — Breite des 143. |
| Allotropie 94. | — Erscheinung des 140. |
| Alpengebiet 214 | — Fortpflanzung des 145. |
| Anemometer 161. | — Länge des 143. |
| Antozon 95. | — ohne Donner 186. |
| Aperiodische Störungen 3. | — Spectralzeichen des 182. |
| Athmungsorgane 106. | — wirbelnde Bewegung 147. |
| Atmosphäre, Elektricität der 37. | — Wirkung auf Felsen 169. |
| Aureola 136. | — Wirkungen des 157. |
| Aureola des Blitzes 143. | Blitze 58. |
| Auroralpol 16. | — aufwärts fahrende 146 |
| Ausströmung, elektrische 124. | — donnerlose 189. |
| Ausströmungen der Erde, elektrische 148. | — verzweigte 141. |
| Ausströmungen, elektromagnetische 148. | Blitzentstehung, Abstand der 184. |
| Austausch der Elektricitäten 149. | Blitzgefahr 222, 225. |
| Bandenspectra 178. | Blitzphotographien 142, 144. |
| Barometer, Steigen des 229. | Blitzröhren 166. |
| Barometerstand 210. | Blitzröhren, Entstehung der 171. |

- Blitzröhren, Erzeugung von 174.
 Blitzschlag im Wasser 163.
 Blitzschlag, kalter 162.
 Blitzschläge, Zahl der 220.
 Blitzspectra 176.
 Blitzvertheilung 223.
 Büschel-Entladung 179.
 Calmengewitter 204.
 Cirrostratusbewölkung 25.
 Cirrusbewölkung 25.
 Cirruseisnadeln 82.
 Condensationsproducte 61.
 Curven, dynamische 81.
 Cyklone 211.
 Dämmerungserscheinungen 25.
 Dampf, Verdichtung des 59.
 Dampfelektrisirmaschine 71.
 Dampfspannung 208.
 Declination der Nadel 1.
 Declinationscurven 14.
 Depressionen 230.
 Donner 137, 183.
 — Geräusch des 185.
 — ohne Blitze 189.
 Eiskrystalle 85, 233.
 Elektricität, atmosphärische 252.
 — der Luft 37.
 — der Wolken 61.
 — des Hagels 233.
 — kosmische 242.
 — tellurische 26.
 Elektrische Ladung 39.
 Elektrisirung, solare 247.
 Elektromagnetismus 26.
 Elektroskope 39.
 Eliasfeuer 125.
 Elmsfeuer 125.
 Entladung, Andauer der 205.
 Entladung der atmosphärischen Elektricität 61.
 Entladung der Wolkenelektricität 137.
 Entladungen, alternirende 146.
 — oscillirende 144.
 Entstehung der Luftelektricität 60.
 Erdladung 44.
 Erdladung, negative 69.
 Erdmagnetismus 4.
 Erdpotential 43.
 Erdstrom, Stärke 31.
 Erdströme 26, 242.
 Erregung, elektrische 41.
 Farbe des Ozon 104.
 Farben der Blitzspectra 181.
 Feuchtigkeit 35, 41, 82.
 Feuerkugeln 151.
 Flächenblitze 140, 178.
 Flammen, aufsitzende 132.
 Flammen, prasselnde 18.
 Flamme, rothe 133.
 Fleisch, Leuchten des 137.
 Flüssigkeitsstrahlen 54.
 Funkenentladung 179.
 Funkenzieher 39.
 Geräusch des Polarlichtes 18.
 Geruch 89.
 Geruch, elektrischer 127.
 Gewichtsmethode 104.
 Gewitter 14, 34, 44, 71, 190.
 — Dauer der 202.
 — Einfluss auf die Hygiene 240.
 — Entstehung der 197.
 — Geschwindigkeit der 215.
 — Himmelsgegend der 197.
 — Intensität der 220.

- Gewitter, Perioden der 196.
— Tageszeiten der 192.
— trockene 202.
— Ursache localer 215.
— Verbreitung der 198.
— Vertheilung der 205.
— Voraussage der 203.
— Zugrichtung der 198.
Gewitterbeobachtungen 191.
Gewittercyclone 211.
Gewitterforschungen 209.
Gewitterfrequenz 222.
Gewitterherde 199.
Gewitterkunde 202.
Gewitterperiodicität 212.
Gewitterregen 207.
Gewitterstudien 82.
Gewitterstürme 62, 226.
Gewitterwolken 62, 67, 228.
Gewitterwolken, Höhe der 88.
Gewitterzug 202.
Gezeiten 218.
Glimmentladung 179.
Gradientenrichtung 215.
Gradirluft 110.
Graupelwetter, elektrisches 127.
Hagel 68, 207.
Hagel und Elektricität 233.
Hagelkörner, Einschlüsse 238.
Hagelsteine 236.
Hageltheorie, Volta's 231.
Helenenfeuer 124.
Hermesfeuer 125.
Himmel 131.
Höhe der Gewitterwolken 88.
Höheneinfluss 7.
Höhenlage der Polarlichter 19.
Horizontalintensität 3.
Hygiene, Gewittereinfluss auf 241.
Induction, unipolare 36.
Inductionsströme der Erde 36.
Influenz 54, 73.
Insecten, leuchtende 137.
Insolationswärme 67.
Intensität, magnetische 3.
Irrlichter 129, 133.
Isobronten 209.
Isochronen 207.
Isolation der Erde 44.
Jahresgang der Lufterlektricität 48.
Kometen 245.
Kosmische Elektricität 242.
Kosmische Quellen der Erdströme 68.
Kraft der Erdströme 28.
Kraftvermittlung 81.
Krakatau 25.
Kugelblitze 140, 151, 157.
Ladung der Gewitterwolken 66, 77.
Ladung, elektrische 39.
Leiter 67.
Leiter, discrete 68.
Leitungswiderstand der Erde 30.
Licht, elektrisches 148.
Licht, phosphorescirendes 132.
Lichtbogen 15.
Lichterscheinungen 60, 133.
Lichtsäule 147.
Lichtschichten 143.
Lichtschimmer 130.
Linienblitz 140, 157.
Linienspectra 178.
Localgewitter 190.
Luft, Elektricität der 37.
Luftdruck 225.

- Luftdruck, Vertheilung des 202.
 226.
 Lufterlektricität 40, 49.
 — negative 40.
 — positive 40.
 Lunarer Einfluss 218.
 Magnetische Intensität 3.
 Magnetische Pole 5.
 Magnetische Störungen 11.
 Magnetische Ungewitter 13.
 Magnetisches Potential 6.
 Magnetnadel 1.
 Magnetnadel, Schwankungen 242.
 Maximalphasen 230.
 Merian 236.
 Messung der Polarlichthöhe 22.
 Meteore 135.
 Meteore, kosmische 153.
 Meteorologie, orographische 67.
 Mond 12, 244.
 Mondelektricität 249.
 Mondknoten 12.
 Nachtgewitter 217.
 Nebelmaterie, kosmische 246.
 Neigung der Nadel 2.
 Nicolausfeuer 125.
 Niederschlagsmengen 204.
 Nordlicht 14, 24, 243.
 Nordlicht, Theorie des 22.
 Nordlichtspectrum 16.
 Nullisothermfläche 82.
 Nullsetzung des Erdpotentials 43.
 Od 125.
 Odische Erregung 112.
 Orographie 206.
 Oscillationen 28.
 Ozon 89.
 Ozon, Dichte des 95.
 Ozon, hygienische Bedeutung 111.
 — Oxydationsvermögen des 106.
 — Zersetzung des 100.
 Ozonbestimmung 104.
 Ozongehalt der Atmosphäre 92.
 Ozongehalt, Beobachtung des 115.
 Ozonisirung 137.
 Ozonmaximum 102.
 Ozonminimum 102.
 Ozonometer 115.
 Ozonstationen, forstliche 119.
 Ozonwasserstoff 92.
 Ozonwerthe 122.
 Parallaxen 20.
 Partialladungen 39.
 Periode der Erdströme 33.
 Periodische Schwankungen 2.
 Perturbationen 29.
 Phänomen, elektrisches 156.
 Photographien des Blitzes 142.
 Polarbanden 242.
 Polarlicht 14, 44.
 Polarlicht, Geräusch 18.
 — Höhenlage 19.
 Polarstrom 28.
 Pole, magnetische 5.
 Polgürtel 33.
 Potential, atmosphärisch - elektrisches 78.
 Potential der Himmelskörper 246.
 Potential, magnetisches 6.
 Potentialcurve d. Lufterlektricität 53.
 Potentialdifferenz 31, 74.
 Protuberanzen 10.
 Quarzsteine 238.
 Rauch 220.
 Regen 56, 190.
 Regenwolken 63.

- Reibungen 70.
 Reibungselektricität 42.
 Reibungsprocesse 60.
 Richtung der Erdströme 28.
 Rollen des Donners 184.
 Säculare Veränderungen 2.
 Sammelstellen 62.
 St. Clarafeuer 125.
 St. Elmsfeuer 127.
 Sauerstoff 93.
 Schlangenblitze 141.
 Schmelzung durch Blitz 161.
 Schneewetter, elektrisches 127.
 Seeluft 110.
 Seneca 189.
 Solarer Ursprung der Luftelektricität 70.
 Solarströme 242.
 Solstitien 11.
 Sonnenculmination 10.
 Sonnenelektricität 248.
 Sonnenflecken 223.
 Sonneninfluenz 69.
 Sonnenoberfläche 10.
 Sonnenpotential 246.
 Sonnenstrom 243.
 Sonnenwärme 48.
 Spannung 62.
 Spannungsdifferenzen 29.
 Statistik der Blitze 219.
 Staub 51, 220.
 Störungen, magnetische 11.
 Strahl 153.
 Störungen, tellurisch-magnetische 251.
 Stromschwankungen 34.
 Stromstärke 28.
 Strömung, elektrische, d. Luft 33.
 Südlicht 243.
 Sumpfgas 109.
 Swishing 19.
 Tagesmittel 121.
 Telegraphen 164.
 Tellurelektrische Ströme 35.
 Tellurische Elektricität 26.
 Temperatur 204.
 Temperaturabweichung 211.
 Temperaturcurven 208.
 Temperatur, Vertheilung der 226.
 Thau 108.
 Theorie des Nordlichtes 22.
 Tiefe, Variation der Elemente in der 9.
 Titirmethode 104.
 Totalintensität 6.
 Ungewitter, magnetische 13.
 Unifilarvariations-Declinatorien 8.
 Unipolarinduction 36, 254.
 Ursache der Gewitter 65.
 Ursache der Luftelektricität 66.
 Veränderungen der Declination 2.
 Verdampfung des Wassers 58.
 Verdichtung des Dampfes 59, 64.
 Verdunstung 68, 103.
 Verdunstungstheorie 72.
 Verflüssigung des Ozons 98.
 Vertheilung, elektrische 41.
 Verticalintensität 6.
 Vierpunktmethode 31.
 Volta 133.
 Vorgänge, elektrische 59.
 Wärme 53.
 Wärmeabnahme 82.
 Wärmegewitter 217.
 Wärmeverhältnisse 225.
 Wärmevibrationen 65.

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Wasserdampf 48. | Windeinfluss 117. |
| Wasserdampf, Verdichtung des 64. | Windrichtungen 191. |
| Wasserinfiltration 172. | Windstille 236. |
| Wasserstoffhyperoxyd 91. | Wintergewitter 194. |
| Wechsel der Lufterlektricität 63. | Wirbel 227. |
| Weltraum 29. | Wirbelgewitter 212, 217. |
| Wetterleuchten 58, 130, 149, 200. | Wirbelwinde 233. |
| 217. | Witterungscharakter 48. |
| Wetterlichter 128. | Wolken, Elektricität der 61. |
| Wetterprognose 208. | Wüstenluft 108. |
| Wettersäulen 76. | Zickzack-Blitz 140. |
| Wind 71. | Zusammenstoss der Moleküle 73. |

Bayerische
Staatsbibliothek
München

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

Die vorliegende Sammlung wird unter dem Gesamttitel »Elektro-technische Bibliothek« das ganze Gebiet der angewendeten Elektricitätslehre in selbständigen Bänden umfassen, von denen jeder etwa 15 bis 20 Bogen stark ist und sind in dem Texte entsprechend zahlreiche Abbildungen enthalten.

Jeder Band bildet ein in sich abgeschlossenes Ganzes; doch so, dass die Werke in ihrer Vereinigung als ein Compendium der angewendeten Elektricitätslehre benutzt werden können.

Die Verfasser und die Verlagshandlung haben sich die Aufgabe gestellt in der »Elektro-technischen Bibliothek« ein Werk zu schaffen, welches, durch Berücksichtigung aller neuen Fortschritte auf dem Gebiete der Wissenschaft dem Elektro-Techniker ein Mittel an die Hand giebt, sich über alle ihm während der Ausübung seines Berufes vorkommenden Fragen sofort Aufklärung zu verschaffen, ohne dass er es nöthig hat, sich die für ihn wichtigen Resultate aus umfangreichen theoretischen Werken selbst zusammenzusuchen.

Plan und Anlage der »Elektro-technischen Bibliothek« sind aus der nachfolgenden Inhaltsübersicht leicht erkenntlich:

I. Bd. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen. 4. Aufl. — II. Bd. Die elektrische Kraftübertragung. 2. Aufl. — III. Bd. Das elektrische Licht. 2. Aufl. — IV. Bd. Die galvanischen Batterien. 2. Aufl. — V. Bd. Die Verkehrs-Telegraphie. — VI. Bd. Telephon, Mikrophon und Radiophon. 2. Aufl. — VII. Bd. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung. 2. Aufl. — VIII. Bd. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. — IX. Bd. Die Grundlehren der Elektricität. 2. Aufl. — X. Bd. Elektrisches Formelbuch. Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. — XI. Bd. Die elektrischen Beleuchtungsanlagen. 2. Aufl. — XII. Bd. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. — XIII. Bd. Elektrische Uhren und Feuerwehr-Telegraphie. — XIV. Bd. Die Haus- und Hotel-Telegraphie. — XV. Bd. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. — XVI. Bd. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. — XVII. Bd. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. — XVIII. Bd. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. — XIX. Bd. Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. — XX. Bd. Die Welt-Literatur der Elektricität und des Magnetismus, 1860 bis 1883. — XXI. Bd. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. — XXII. Bd. Die Generatoren hochgespannter Elektricität. — XXIII. Bd. Das Potential und seine Anwendung zu der Erklärung der elektrischen Erscheinungen. — XXIV. Bd. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. — XXV. Bd. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. — XXVI. Bd. Die Kabeltelegraphie. — XXVII. Bd. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. — XXVIII. Bd. Geschichte der Elektricität mit Berücksichtigung ihrer Anwendungen. — XXIX. Bd. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. — XXX. Bd. Die Galvanostegie. — XXXI. Bd. Die Technik des Fernsprechwesens. — XXXII. Bd. Die elektro-technische Photometrie. — XXXIII. Bd. Die Laboratorien der Elektro-Technik — XXXIV. Bd. Elektricität und Magnetismus im Alterthume. — XXXV. Bd. Magnetismus und Hypnotismus. — XXXVI. Bd. Die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten. — XXXVII. Bd. Elektricität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. u. s. w. — In Bänden à 15 bis 20 Bogen, mit je 50 bis 100 Abbildungen, zum Preise von à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Fr. = 1 R. 80 Kop. per Band geh., oder gebdn. à Band 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

In reich illustrierten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.;
eleg. geb. à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. 4. Auflage. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 2. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 2. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektrizität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Auflage. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. von Urbanitzky. 2. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. — XV. Band. Die Anwendung der Elektrizität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektrizität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektrizität und des Magnetismus, 1860—1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektrizität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von Max Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektrizität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung der fabrikmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektro-Technik. Von August Neumayer. — XXXIV. Band. Elektrizität und Magnetismus im Alterthume. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus und Hypnotismus. Von G. Gessmann. — XXXVI. Band. Die Anwendung der Elektrizität bei registrirenden Apparaten. Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Elektrizität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Hoh. — u. s. w. u. s. w.



Hoh, Theodor

Elektricität und Magnetismus als kosmotellurgische Kräfte

Wien [u.a.] 1887

Techn. 24 su-37

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11905097-3